



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS NATURALES
Y GESTIÓN SOSTENIBLE

TESIS DOCTORAL

**Caracterización de la *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) en la cuenca
hidrográfica del Guayas. Ecuador.**

DOCTORANDO

D. JORGE MAGNO RODRIGUEZ TOBAR

DIRECTORES DE TESIS

DR. ANTÓN RAFAEL GARCÍA MARTÍNEZ

DRA. ELENA ANGÓN SANCHEZ DE PEDRO

CÓRDOBA, 2017

TITULO: *Caracterización de la Cichlasoma festae (Vieja Colorada) en la cuenca hidrográfica del Guayas. Ecuador*

AUTOR: *Jorge Magno Rodríguez Tobar*

© Edita: UCOPress. 2017
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es



UNIVERSIDAD DE CORDOBA (ESPAÑA)
POSTGRADO EN RECURSOS NATURALES Y GESTIÓN SOSTENIBLE

**Caracterización de la *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) en la
cuenca hidrográfica del Guayas. Ecuador.**

Tesis presentada por D. JORGE MAGNO RODRIGUEZ TOBAR para optar al grado
de Doctor por la Universidad de Córdoba (España)

VºBº

VºBº

Dr. Antón Rafael García Martínez

Dra. Elena Angón Sánchez de Pedro



D. ANTÓN RAFAEL GARCÍA MARTÍNEZ, PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD, DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

INFORMA:

Que la tesis Doctoral titulada **“Caracterización de la *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) en la cuenca hidrográfica del Guayas. Ecuador.”**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autor D. JORGE MAGNO RODRIGUEZ TOBAR, ha sido realizada bajo mi dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para que el mismo pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Lo que suscribo como director de dicho trabajo y a los efectos oportunos, en Córdoba a 17 de mayo del dos mil diecisiete.

Fdo. Dr. Antón Rafael García Martínez



DÑA. ELENA ANGÓN SANCHEZ DE PEDRO, PROFESORA DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

INFORMA:

Que la tesis Doctoral titulada **“Caracterización de la *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) en la cuenca hidrográfica del Guayas. Ecuador.”**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autor D. JORGE MAGNO RODRIGUEZ TOBAR, ha sido realizada bajo mi dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para que el mismo pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Lo que suscribo como directora de dicho trabajo y a los efectos oportunos, en Córdoba a 17 de mayo del dos mil diecisiete.

Fdo. Dra. Elena Angón Sánchez de Pedro



TÍTULO DE LA TESIS:

“Caracterización de la *Cichlasoma festae* (vieja colorada) en la cuenca hidrográfica del Guayas. Ecuador.”

DOCTORANDO: D. JORGE MAGNO RODRIGUEZ TOBAR

INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS

(Se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

*Durante el desarrollo de la Tesis el doctorando ha profundizado en el conocimiento de la Caracterización de la Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*) en la cuenca hidrográfica del Guayas. Ecuador, conocimientos extrapolables al resto áreas tropicales donde habita esta especie. Asimismo, el candidato ha adquirido las habilidades y competencias necesarias para poder abordar la problemática del sector desde una doble perspectiva; por una parte, desde la orientación investigadora con toda su secuencia metodológica y por otra parte la resolución de problemas sectoriales de modo solvente. Durante su formación el doctorando ha profundizado en el conocimiento de los sistemas de producción piscícola integral con énfasis en las especies nativas tropicales continentales (EEAT) , desde una perspectiva holística y multitrófica; tanto técnica, económica, social y de sustentabilidad.*

En consecuencia, el doctorando ha desarrollado un conjunto de investigaciones parciales y preliminares, orientadas a incrementar el conocimiento de las condiciones de cría y del hábitat de la Vieja Colorada en sus distintas etapas productivas: Reproducción, larvas, alevines, juveniles y adultos. Se aplica una metodología actual a la vez que pertinente y socialmente responsable, para la cuantificación de la innovación, las y la determinación de las mejores prácticas de manejo. Finalmente se proponen una serie de medidas técnicas, económicas y organizativas que favorecen la viabilidad del sistema en el largo plazo.

El Doctorando presenta un manuscrito con los siguientes indicadores de calidad: artículos JCR, Latindex, Capítulos de libro, congresos nacionales e internacionales y Estancias de Investigación en Centros de Vanguardia en el conocimiento de este recurso endógeno.

Trabajo de Maestría:

Rodríguez J. 2013. Curva de crecimiento de juveniles de Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*). Trabajo Fin de Master. Universidad de Córdoba. 45 pp.

Artículos de Investigación:

Rodríguez J, Angón E, González M, Perea J, Barba C, García A. 2017. Allometric relationship and growth models of juveniles of *Cichlasoma festae* (Perciforme: Cichlidae), a freshwater species native in Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 65(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i3.26173>

González, M.A., Angón, E., **Rodríguez, J.**, Moya, A., García, A. and Peña, F. (2017) Yield, flesh parameters, and proximate and fatty acid composition in muscle tissue of wild and cultured Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*) in tropical Ecuadorian river. *Spanish Journal of Agricultural Research*. In press.(aceptado y edición)

González M, **Rodríguez J**, Angón E, Martínez A, García A, Peña F. 2016. Characterization of morphological and meristic traits and their variations between two different populations (wild and cultured) of *Cichlasoma festae*, a species native to tropical Ecuadorian rivers. *Archives Animal Breeding*. 59, 435-444.

Rodríguez J, Duarte P, Moya A, Medina M, Gallegos M, Rodríguez J, García A. 2014. Desarrollo de una metodología fotogramétrica para el estudio de la relación entre el peso y el diámetro de la Vieja colorada (*Cichlasoma festae*). Coeficientes de alometría. *Revista Científica de la Universidad Estatal de Quevedo*. 7(2): 11-17.

Rodríguez J, Moya A, Duarte P, González M, Gallegos M, Merizalde D, García A. 2014. Aplicación de la colorimetría como instrumento de valoración de los recursos acuícolas nativos en Ecuador: Vieja Colorada *Cichlasoma festae* y la Vieja azul *Andinocara rivulatus*. *Revista Científica de la Universidad Estatal de Quevedo*. 7(2): 19-27.

Rodríguez J, Vivas R, González M, Moya A, Barrera A, González A, García A. 2014. Adaptación de juveniles de Vieja colorada (*Cichlasoma festae*) a la cría en condiciones experimentales controladas. *Revista Científica de la Universidad Estatal de Quevedo*. 7(2): 35-40.

Rodríguez J, Moya A, Medina M, Gómez J, Perea J, Merizalde D, García A. 2014. Modelo de crecimiento del *Cichlasoma festae* en ríos ecuatorianos. Resultados preliminares. *Revista Científica de la Universidad Estatal de Quevedo*. 7(2): 41-48.

González M, **Rodríguez J**, López M, Vergara G, García A. 2016. Estimación del rendimiento y valor nutricional de la Vieja Azul (*Andinocara rivulatus*). *Revista de Investigación Talentos*. Universidad de Bolívar. 3(2): 36-42.

González M, **Rodríguez J**, Moya A, Duarte P, Gallegos M, Merizalde D. 2014. Revisión de la Calidad de la carne en peces de agua continentales. *Revista Científica de la Universidad Estatal de Quevedo*. 7(2): 57-64.

Capítulos de Libro:

Rodríguez J, González M, Moya A, Angón E, García A. 2015. Perspectivas de la Piscicultura en La Provincia de Los Ríos. Ecuador. En Murillo G, García A, Lara M, Plaza L, Rodríguez D. *Gestión Sustentable de Empresas Agroalimentarias*. Editado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Ecuador. 5: 449-465.

Trabajos presentados en Congresos:

Rodríguez J, Perea J, García A. 2013. Crecimiento de juveniles de vieja colorada (*Cichlasoma festae*). 4ª Conferencia Latinomaericana de cultivo de Peces Nativos. Universidad de Los Llanos Colombia. 125 pp.

Rodríguez J, García A, Vivas R, González M. 2014. Crecimiento de juveniles de vieja colorada (*Cichlasoma festae*) con diferentes niveles de proteína en la dieta. I Encuentro Nacional de Ictiología. Esmeralda. Ecuador.

Rodríguez J, González M, García A. 2015. Cría de postlarvas de la Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*). V Conferencia Latinoamericana sobre cultivo de peces nativos y IV Congreso Nacional de Acuicultura. Universidad Nacional Agropecuaria "La Molina". Lima. Perú.

- Rodríguez J**, Moya A, Angón E, Torres Y, González M, González M, Perea J, García A. 2015. Relación entre las medidas exteriorista del *Cichlasoma festae* en edad juvenil en condiciones experimentales semicontroladas. XI Congreso de la Federación Iberoamérica de Razas Criollas y Autóctonas. Zaragoza. España. 12, 214-216.
- Rodríguez J**, Moya A, Angón E, Medina M, González M, Perea J, García A. 2015. Patrones de crecimiento del *Cichlasoma festae* en edad juvenil en condiciones experimentales semicontroladas. XI Congreso de la Federación Iberoamérica de Razas Criollas y Autóctonas. Zaragoza. España. 12, 217-220.
- Rodríguez J**, Moya A, Gallegos M, Angón E, Gómez J, Ledesma L, López M. 2015. Caracterización de la curva de crecimiento de vieja colorada (*Cichlasoma festae*): implicaciones para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. 201-202.
- Rodríguez J**, Vivas R, Medina M, González M, Barrera A, García A. 2015. Parámetros ambientales para la reproducción natural de la vieja colorada *Cichlasoma festae* en confinamiento. XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Puerto Varas. Chile. 149 pp.
- González M, **Rodríguez J**, Angón E, García A, Peña F, Moya A, Gallegos M. 2015. Características fisicoquímicas y rendimientos de la canal de vieja colorada (*Cichlasoma festae*) criada en dos sistemas de producción: silvestre y cautividad. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. 203-207.
- Moya A, Gómez J, Gallegos M, **Rodríguez J**, Ledesma L, Romero M, Barba C, Noles P. 2015. Correlaciones de parámetros físicos y químicos del agua en especies nativas, vieja azul (*Andinoacara rivulatus*) y vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), cultivadas bajo condiciones Controladas. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. 217-223.
- Noles P A, René M, López V, Delgado C, Angón E, Moya A, Gallegos M, **Rodríguez J**. Aquaponic Program (farming of fish and vegetables) for Sustainable Development in Rural Communities of Change Function Matrix Production. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador. 93-94.
- Rodríguez J**, Vivas R, Moya A, Gallegos M, Gómez, J.C., Angón E, González, M, Barba C, García A. 2017. Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del *Cichlasoma festae* en condiciones controladas de confinamiento durante su etapa juvenil. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- Rodríguez J**, Vivas R, Moya A, Gallegos M, Gómez, J.C., Angón E, González, M, Barba C, García A. 2017. Efecto de tres dietas en la fase inicial de alevinaje de *Cichlasoma festae* en condiciones controladas. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- González M, Angón E, **Rodríguez J**, Rene Lopez M, Moya A, Peña F, 2017. Calidad de la canal y la carne del Guachinche (*Hoplias microlepis*) criado de forma silvestre. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- López M, Intriago E, **Rodríguez J**, González M, Noles P, Loor E, Vergara G, Angón E, García A. 2017. Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del Chame (*Dormitator latifrons*) en estanques de geomembrana con suelo agrícola durante su fase juvenil. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- López M, Intriago E, **Rodríguez J**, González M, Noles P, Loor E, Vergara G, Angón E, García. 2017. Producción integrada del cultivo de Chame (*Dormitator latifrons*) en campos de arroz como herramienta de desarrollo rural sostenible del litoral ecuatoriano. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- López M, **Rodríguez J**, Intriago E, González M, Noles R, Peña, F Angon E, García A. 2017. Parámetros de la carne. Análisis proximal y sensorial del musculo del Chame (*Dormitator latifrons*). IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- González M, González R, Angon E, **Rodríguez J**, García A, Peña F. 2017. Caracterización nutricional de la carne de pescado. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

Rodríguez J, Vivas R, Moya A, Gallegos M, Gómez J.C., Angón E, González, M, Barba C, García A. 2017. Utilización de la tecnología Biofloc (BF) en acuicultura tropical continental. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

Estancias de Investigación en Centros de Carácter Internacional:

2015. Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, España. Durante el período comprendido entre el 14 de enero al 27 de febrero.
2016. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Piura, Perú. Durante el período comprendido entre el 12 de junio al 12 de septiembre.
2017. Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, España. Durante el período comprendido entre el 11 de abril al 11 de julio.

Proyectos financiados:

- 1.- "Caracterización del crecimiento y efecto de la densidad de las especies nativas *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) y *Aequidens rivulatus* (Vieja Azul)". Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.
- 2.- "Crecimiento de peces continentales nativos y exóticos en el sistema biofloc. Efecto del biofloc en el crecimiento". Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.
- 3.- "Cultivo de peces continentales nativos y tilapia, en estanques de geomembrana, para mejorar la alimentación de la población de la zona rural". Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Mocache y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.
- 4.- "Captura, reproducción y conservación de reproductores de Vieja colorada (*Cichlasoma festae*) de las represas: Daule-Peripa, La Esperanza, y Pilahuin". Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.

Trabajos dirigidos en Pregrado:

2015. Cría de alevines de tilapia roja (*Oreochromis roja*) en tres densidades de población.
2017. Crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis roja*) con tecnología biofloc
2017. Elaboración de biol a partir de residuo líquido del biofloc.

Trabajos Fin de Master dirigidos (Master de Zootecnia y Gestión sostenible)

2017. Caracterización del crecimiento del Chame en estanques de geomembrana. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (Ecuador).

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 17 de mayo de 2017
Firma del/de los director/es

Dra. Elena Angón Sánchez de Pedro

Dr. Antón Rafael García Martínez

AGRADECIMIENTOS

A mi Universidad, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y, en su nombre, al Dr. Eduardo Díaz –Rector-, al Ing. Roque Vivas -Director del Programa de Postgrado- y a la Dra. Yenny Torres -Decana de la Facultad de Ciencias Pecuarias-, por su ayuda constante y permanente, lo que ha posibilitado el desarrollo de los estudios, la puesta en marcha de la investigación y la logística de todo el proceso.

A la Subsecretaria de Pesca del MAGAP y en su nombre a la Dra. Priscila Duarte y el Investigador Ángel Moya que siempre nos han dado apoyo para el desarrollo de la investigación a través del centro piscícola CACHARI.

A la Universidad Técnica de Babahoyo y, en su nombre, al Dr. Rafael Falconi, Rector de dicha Institución, por su respaldo a la investigación en especies nativas tropicales continentales desde el inicio así como al sector productor y transformador.

A la Universidad de Córdoba (España), por la impartición del Master de Zootecnia y Gestión sostenible: Ganadería Ecológica e Integrada, como apuesta decidida por la formación del grupo de docentes de la UTEQ hasta alcanzar el grado de doctor.

A mis Directores; Al Dr. Antón García por el entusiasmo manifiesto de hacer y difundir la ciencia en beneficio de la Humanidad a través de los que hemos sido sus discípulos y la Dra Elena Angón que durante todo el proceso ha mantenido una actitud positiva y constructiva que me ha permitido alcanzar este momento en mi vida.

Al conjunto de Profesores; Tanto de la Universidad de Córdoba (España), la UTEQ, etc... que me han ido acompañando en diversos momentos de la trayectoria pero que sin su colaboración me hubiera sido muy difícil alcanzar esta meta, los Dres, Cecilio Barba, Francisco Peña, Martín González, León Bolívar, Adolfo Sánchez, Italo Espinoza, Orly Cevallos, Marlene Medina, etc.

Al grupo de Doctorandos de Zootecnia y Gestión sostenible de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí y en su nombre al Ing Mario René por su entusiasmo en el desarrollo de la piscicultura.

A los piscicultores que me han abierto las puertas de sus explotaciones, han permitido realizar parte de la investigación en sus fincas y en todo momento han compartido generosamente su conocimiento empírico.

A todo el personal de administración y servicios de ambas Universidades que me han ayudado en todo momento allanando el camino y haciéndome más fácil la tarea.

A mi esposa Martha

A mis hijos Fernando, Rossy, Meylin y Sofía



El desarrollo de la presente Tesis Doctoral se enmarca dentro del Convenio Específico de Cooperación en Postgrado entre:

La Universidad de Córdoba y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador).

Asimismo el estudio se ha desarrollado dentro del marco de los Proyecto de investigación:

- 1.- “Caracterización del crecimiento y efecto de la densidad de las especies nativas *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) y *Aequidens rivulatus* (Vieja Azul)”. Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.
- 2.- “Crecimiento de peces continentales nativos y exóticos en el sistema biofloc. Efecto del biofloc en el crecimiento”. Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.
- 3.- “Cultivo de peces continentales nativos y tilapia, en estanques de geomembrana, para mejorar la alimentación de la población de la zona rural”. Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Mocache y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.
- 4.- “Captura, reproducción y conservación de reproductores de Vieja colorada (*Cichlasoma festae*) de las represas: Daule–Peripa, La Esperanza, y Pilahuin”. Financiado por el FOCICYT de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y dirigido por D. Jorge Magno Rodríguez Tobar y D. Antón Rafael García Martínez.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA
DECANATO



"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

CARGO

Piura, 16 de enero de 2017.

OFICIO N° 014-D.FIP-UNP-2017

DR.

SANTOS MONTAÑO ROALCABA

Director de la Escuela de Posgrado - UNP

Presente.-

**ASUNTO: COMUNICA ESTANCIA DE DOCTORADO
EN LA REGION PIURA**

Me dirijo a usted para saludarlo y, al mismo tiempo manifestarle que el estudiante **JORGE MAGNO RODRIGUEZ TOBAR**, doctorando en Producción Animal de la Universidad de Córdoba – España, realizó la "Evaluación de la presencia de la *Cichlasoma Festae* en la Zona Norte del Perú, del 12 de junio al 12 de setiembre del 2016 ha realizado su estancia en esta Universidad Nacional, desarrollando su trabajo de tesis " **Característica de la *Cichlasoma Festae* (Vieja Colorada) en el Ecuador Sur Colombia y Norte del Perú)**

Lo que comunico a usted para los fines pertinentes.

Sin otro particular, me despido de usted.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA

Rodolfo García Martínez
Dr. Ing. Rodolfo García Martínez
DECANO

C.C

- Archivo



"DUC IN ALTUM – REMAR MAR ADENTRO". (Lucas 5,4)

ESCUELA DE POSGRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

CONSTANCIA

El Director de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Piura; quien suscribe,

HACE CONSTAR :

Que el señor **JORGE MAGNO RODRIGUEZ TOBAR**, estudiante del Doctorado en Producción Animal de la Universidad de Córdoba – España, ha realizado una estancia del 12 de junio al 12 de setiembre de 2016, en la Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Pesquera, desarrollando su trabajo de tesis “**Característica de la Cichlasoma Festae (Vieja Colorada) en el Ecuador Sur Colombia y Norte del Perú**”.

Se extiende el presente documento, a solicitud del interesado para los fines que estime pertinentes.

Piura, Febrero 24 – 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
ESCUELA DE POSGRADO
Gentos L. Montaña Roalrah

ÍNDICE

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
I.- Introducción.....	11
1. Lineamientos estratégicos de la investigación en acuicultura tropical.	11
2. Objetivos	12
3. Estructura de la tesis	13
II.- Revisión Bibliográfica.....	15
CAPÍTULO 1. PERSPECTIVAS DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA.....	17
CAPITULO 2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA.....	59
1. Características de la producción piscícola. Estudio experimental.....	59
2. Clasificación de sistemas de producción en acuicultura.	66
2.1. Sistema de producción extensivo	69
2.2. Sistema de producción semi-extensivo.....	69
2.3. Sistema de producción semi-intensivo	70
2.4. Sistema de producción intensivo	70
2.5. Sistema de producción super-intensivo.....	71
3. Gestión del agua	72
3.1. La calidad del agua.....	73
3.1.1. Reacción química del agua: pH	76
3.1.2. Turbidez	78
3.1.3. Temperatura del agua.....	78
3.1.4. Nivel de oxígeno disuelto (OD)	79
3.1.5. Ciclo del carbono	80
3.1.6. Ciclo del nitrógeno. Nitrificación.....	82
4. Tecnologías de producción	84
4.1. Tecnología tradicional o de recambio de agua	84
4.2. Tecnología de recirculación de agua.....	88
4.3. Clasificación de sistemas de producción según la tecnología	90
4.3.1. Estanques en tierra.....	91

4.3.2. Jaulas flotantes	93
4.3.3. Ambiente controlado-Recirculación	94
4.3.4. Tecnología Biofloc (Bio Floc Technology)	98
III.- Resultados y Discusión	103
CAPITULO 3. CONDICIONES DEL HABITAT Y EXPERIMENTALES	105
3.1. Curva de crecimiento de juveniles de Vieja Colorada (<i>Cichlasoma festae</i>).....	107
3.2. Caracterización del sistema de producción de vieja colorada (<i>Cichlasoma festae</i>) en condiciones semicontroladas en Ecuador.....	159
3.3. Efecto de tres dietas en la fase inicial de alevinaje del <i>Cichlasoma festae</i> en condiciones semicontroladas.....	181
3.4. Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del <i>Cichlasoma festae</i> en condiciones controladas de confinamiento durante su etapa juvenil.	194
3.5. Calidad del agua en sistema de recirculación con filtros biológicos artesanales (amoníaco y amonio).....	200
3.6. Aplicación de la colorimetría como instrumento de valoración de los recursos acuícolas nativos en Ecuador: Vieja colorada (<i>Cichlasoma festae</i>) y la Vieja azul (<i>Andinoacara cararivulatus</i>).	207
CAPITULO 4. MODELIZACIÓN DEL CRECIMIENTO	59
4.1. Revisión bibliográfica: Modelos matemáticos como herramienta para estudiar el crecimiento en peces.....	218
1.-Modelo logístico (Verhulst, 1838)	221
2.- Modelo de von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1957)	222
3.- Modelo de Richard (Richards, 1959).....	223
4.2. Allometric relationship and growth models of juveniles of <i>Cichlasoma festae</i> (Perciforme: Cichlidae), a freshwater species native in Ecuador.	227
IV.- Conclusiones	239
V.-Resumen.....	245
VI.- Bibliografía	251

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Actuaciones en acuicultura y cambio climático.....	18
Tabla 1. 2. Evolución de la pesca y acuicultura en el periodo 2006-2011 (FAO, 2012).....	20
Tabla 1.3. Evolución de la acuicultura 1970-2010 (FAO, 2012).	23
Tabla 1.4. Distribución emprendimientos piscícolas en Ecuador.....	35
Tabla 1.5. Dimensión de los emprendimientos acuícolas en Ecuador.	36
Tabla 1.6. Distribución de la producción por regiones.	38
Tabla 1.7. Especies nativas que se encuentran en las cuencas y subcuencas de la provincia de los Ríos.	44
Tabla 1. 8. Especies nativas silvestres más consumidas por la población.	44
Tabla 1.9. Frecuencia de capturas y longitudes.	45
Tabla 1.10. Cooperativas y Acuicultores de la provincia de los Ríos.	46
Tabla 1. 11. Diversidad y endemismo de peces en la vertiente occidental de Ecuador.....	47
Tabla 2. 1. Casos de éxito de producción integrada.	61
Tabla 2. 2. Características de los sistemas productivos.	71
Tabla 2. 3. Parámetros de calidad del agua y sus valores estándar.	74
Tabla 2. 4. Nivel de amoníaco (%) según temperatura y pH.	77
Tabla 2. 5. Tipos de estanques (FAO, 2011).	85
Tabla 2. 6. Ventajas e inconvenientes de los estanques.	86
Tabla 2. 7. Utilización de tecnologías en Europa.....	91
Tabla 2. 9. Relación C/N y consecuencias producidas.....	99
Tabla 3. 1. Condiciones experimentales de los animales.	131
Tabla 3. 2. Distribución de animales por lotes y tratamientos.....	132
Tabla 3. 3. Análisis químico del alimento comercial con tres niveles de proteína.	132
Tabla 3. 4. Evolución del consumo (media \pm DT) en juveniles de vieja colorada (g).	139
Tabla 3. 5. Valores promedio del consumo por pez.....	139
Tabla 3. 6. Evolución del peso vivo por animal (g) según tratamiento y control (d)	140
Tabla 3. 7. Evolución de la longitud por animal (ml) según tratamiento y control (d).	143
Tabla 3. 8. Biomasa ganada (g) por juveniles de vieja colorada (promedio \pm D.S.).	146
Tabla 3. 9. Biomasa total en gramos (promedio \pm D.S.) de juveniles de vieja colorada.	146
Tabla 3. 10. Tasa de crecimiento absoluto, TCA (g/d).....	147
Tabla 3. 11. Índice de crecimiento.	148
Tabla 3. 12. Porcentaje de supervivencia de los juveniles de vieja colorada alimentadas con 36,32, y 28 % de proteína en el balanceado.....	149
Tabla 3. 13. Análisis químico proximal de vieja colorada entero por % de proteína en la dieta al inicio y al final del experimento.	151
Tabla 3. 14. Índice de crecimiento (promedio \pm D.S.)	152
Tabla 3. 15. ANOVA para Peso (g) por Peso Reproductoras.	167

Tabla 3. 16. Pruebas de Múltiple Rangos para grupos según Peso Reproductoras.	168
Tabla 3. 17. Resumen Estadístico para Peso (g).	168
Tabla 3. 18. Peso promedio de los reproductores por cuartil.	168
Tabla 3. 19. Parámetros de la calidad del agua durante la experiencia.	170
Tabla 3. 20. ANOVA.	174
Tabla 3. 21. Pruebas de Rangos Múltiples (Tratamientos).	175
Tabla 3. 22. Pruebas de Rangos Múltiples (contraste).	175
Tabla 3. 23. Producción de larvas de <i>Cichlasoma festae</i> en condiciones semicontroladas.	177
Tabla 3. 24. Parámetros de la calidad del agua.	186
Tabla 3. 25. Análisis químico proximal de las diferentes dietas utilizadas.	188
Tabla 3. 26. Indicadores técnicos de resultados productivos según dieta.	188
Tabla 3. 27. Evolución semanal de los parámetros productivos.	189
Tabla 3. 28. Resultados productivos según niveles de densidad.	198
Tabla 3. 29. Evolución del peso y consumo según nivel de densidad.	199
Tabla 3. 30. Cantidades de amoníaco determinada a la salida de cada uno filtro.	205
Tabla 3. 31. Valores promedios de amonio (ppm).	205
Tabla 3. 32. Escala colorimétrica dela Vieja azul. Masa corporal (Gamanaranja)	212
Tabla 3. 33. Escala colorimétrica dela Vieja azul. Aleta caudal (Gama turquesa).	213

Tabla 4. 1 Growth models and parameters estimated for <i>Cichlasoma festae</i>	233
---	-----

Tabla 4. 2. Ranking of the four models based on R ² , MSE and Akaike information criterion values. ...	233
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Evolución de la pesca y la acuicultura 1950-2010 (FAO, 2012).	21
Figura 1. 2. Producción mundial de especies de agua dulce (FAO, 2012).	25
Figura 1.3. Ejes de la investigación sobre especies nativas e Los Ríos.	28
Figura 1.4. Ejes del enfoque ecosistémico en acuicultura (FAO, 2011).	29
Figura 1.5. Interacciones entre actividades en una unidad productiva tropical-Ecuador.	32
Figura 1. 6. Escalas de la Competitividad Territorial de la acuicultura (EEA).	32
Figura 1.7. Mapa piscícola de Ecuador.	37
Figura 1.8. Estructura de la cadena productiva de la tilapia.	39
Figura 1.9. Zonas ictiográficas de Ecuador.	40
Figura 1.10. Sistema hídrico de la provincia de Los Ríos.	43
Figura 1.11. Vieja colorada, y Vieja Azul en Ecuador.	48
Figura 1.12. Diseño experimental del Proyecto FOCICYT-UTEQ en Quevedo.	53
Figura 3.1. Cantón Valencia.	107
Figura 3.2. Cantón Valencia, Provincia de Los Ríos.	108
Figura 3.3. Río Chipe, principal fuente de agua de la zona.	109
Figura 3.4. Río Chipe, fuente de recreación y lavado de ropa.	110
Figura 3.5. VALENCIA: Población Ocupada por Rama de Actividad.	110
Figura 3.6. El banano, cultivo predominante en la zona.	111
Figura 3.7. Publicidad de empresas de aplicación de agroquímicos en la zona.	111
Figura 3.8. Nivel de pobreza. NBI Intercensal 2001 – 2010.	112
Figura 3.9. Medios de vida en la zona.	112
Figura 3.10. Vivienda típica familiar en la zona rural.	113
Figura 3.11. Familia numerosa, con predominancia de jóvenes.	114
Figura 3.12. Pescado de agua dulce, como fuente de proteína por la población rural.	115
Figura 3.13. Espejos de agua de la Finca Estero de Piedra.	115
Figura 3.14. Espejos de agua de la finca Estero de Piedra, estanque de 5.000m ² .	116
Figura 3. 15. Conducción del agua por canales de tierra por gravedad.	118
Figura 3. 16. Conducción del agua entre estanques.	118
Figura 3. 17. Ingreso del agua desde el canal.	119
Figura 3. 18. Jaulas con estructura de tubo galvanizado recubierta de maya plástica.	120
Figura 3. 19. Caña guadua utilizada para la estructura del módulo y sujeción de las jaulas.	120
Figura 3. 20. Detalle de jaula de adaptación de los juveniles seleccionados.	121
Figura 3. 21. Detalle de construcción de un módulo de tres jaulas.	121
Figura 3. 22. Ubicación de las jaulas en el estanque de 1.200m ² .	122
Figura 3. 23. Vista panorámica de la ubicación de los tratamientos.	122
Figura 3. 24. Observación diaria del comportamiento de los peces del experimento.	123
Figura 3. 25. Oxímetro.	124
Figura 3. 26. Peachímetro.	124
Figura 3. 27. Disco Secchi.	125
Figura 3. 28. Extensión de la red en el curso de agua.	126

Figura 3. 29. Captura de los peces de la muestra.	127
Figura 3. 30. Transporte de Juveniles de Vieja Colorada.	127
Figura 3. 31. Manejo.	128
Figura 3. 32. Medición de peces en el ictiómetro.	129
Figura 3. 33. Medidas morfométricas con Pie de Rey.	129
Figura 3. 34. Medidas morfométricas.	130
Figura 3. 35. Histograma de frecuencia del peso inicial de las 18 unidades experimentales.	131
Figura 3. 36. Pesaje de Juvenil de Vieja Colorada.	134
Figura 3. 37. Evolución del peso en el tiempo.	141
Figura 3. 38. Comparación de pesos por tratamiento.	142
Figura 3. 39. Comparación de pesos por tratamiento para control =4.	143
Figura 3. 40. Evolución de la longitud en el tiempo.	144
Figura 3. 41. Comparación de longitudes por tratamiento.	144
Figura 3. 42. Comparación de longitudes por tratamiento para control =4.	145
Figura 3. 43. Proyecto FOCICYT relativo a caracterización de especies nativas.	159
Figura 3. 44. Uso de especies nativas en la preparación de platos típicos.	160
Figura 3. 45. Localización de la represa Doule-Peripa.	162
Figura 3. 46. Reproductores de la represa de Daule-Peripa.	163
Figura 3. 47. Estanque de reproducción de tilapias y especies nativas.	164
Figura 3. 48. Reproductora de Vieja Colorada, 370g.	165
Figura 3. 49. Reproductor de Vieja Colorada, 450g.	165
Figura 3. 50. Estanques de reproducción y cría en la finca colaboradora con la UTEQ.	166
Figura 3. 51. Histograma de Peso (g).	166
Figura 3. 52. Dispersión del Peso dentro del rango.	167
Figura 3. 53. Larvas a los 10 días de eclosionadas.	169
Figura 3. 54. Función de densidad.	173
Figura 3. 55. Producción de alevines del experimento (Distribución normal).	174
Figura 3. 56. Medias y 95% de Fisher LSD.	175
Figura 3. 57. Modelo Ajustado.	180
Figura 3. 58. Larvas en cajas de incubación.	181
Figura 3. 59. Alevín de Vieja Colorada de 1 g de peso vivo.	182
Figura 3. 60. Alevín de Vieja Colorada de 2g.	183
Figura 3. 61. Jaulas para la primera fase de alevinaje del experimento.	184
Figura 3. 62. Jaulas para la segunda fase de alevinaje del experimento.	184
Figura 3. 63. Alevín de 7g.	187
Figura 3. 64. Jaulas circulares de 0,2m ³ para alevines.	195
Figura 3. 65. Juvenil de Vieja Colorada de 43g.	196
Figura 3. 66. Jaulas con diferentes densidades de juveniles.	196
Figura 3. 67. Sistema de recirculación del agua.	200
Figura 3. 68. Detalle de filtros y montaje.	202
Figura 3. 69. Construcción del sistema de recirculación del agua.	203
Figura 3. 70. Estanque para recirculación de agua con filtro percolador y 3 filtros biológicos.	203
Figura 3. 71. Filtros biológicos cubiertos por plantas hidropónicas.	204
Figura 3. 72. Cantidad de amonio en los tratamientos bajo el sistema de recirculación.	205
Figura 3. 73. Autoridades de la Universidad de Babahoyo en el Mercado de la Ciudad.	208

Figura 3. 74. Escala colorimétrica para la Vieja Colorada.	210
Figura 3. 75. Escala colorimétrica para la Vieja Azul.	212
Figura 4. 1. Etapas en la elaboración de modelos (Fuente: Toro-Mujica, 2011).....	220
Figura 4. 2. Modelos esquemáticos (MCVB: modelo convencional de von-Bertalanffy) (Fuente: Aragón-Noriega, 2016).	223
Figura 4. 3. Comparación de modelos de crecimiento en cultivos de	223
Figura 4. 4. Curva de la relación entre la longitud y el peso.	225
Figura 4. 5. Estimated Von Bertalanffy's growth curve and observed values for <i>Cichlasoma festae</i> ...	234
Figura 4. 6. Length-weight relationship of <i>Cichlasoma festae</i>	235

I.-Introducción

INTRODUCCIÓN

1. Lineamientos estratégicos de la investigación en acuicultura tropical.

El estudio que conduce al desarrollo de la tesis doctoral conlleva muchos retos en diversos ámbitos del conocimiento (*Scientific and Actionable knowledge*) e implica diversas ramas de conocimiento. En el caso de **acuicultura tropical** se parte de una falta sustancial de conocimiento y se inicia un proceso nuevo con gran incertidumbre respecto a los fines y los objetivos que se pretenden alcanzar en el trabajo.

Los directores y el doctorando contamos con amplia experiencia en producción animal, pero desde el inicio del trabajo nos planteamos como reto, en esta producción ganadera alternativa y no convencional, *“la necesidad de cambiar el enfoque tradicional de la producción”*; abandonar viejos paradigmas y creencias que en muchas ocasiones lleva a trasladar tecnologías poco apropiadas a un sector. Se observa, como a pesar de que se alcanza un mayor nivel de conocimiento en el ámbito de la ciencia, este esfuerzo no se traduce en un avance significativo en el desarrollo del sector. Algunas veces tenemos la sensación de que la investigación “nos lleva” y creemos que deberíamos ser sus conductores y sobre todo saber dónde queremos llegar; todos estos aspectos se contemplan para marcar los objetivos estratégicos del presente proyecto de investigación.

La propia formación investigadora del doctorando, y la experiencia de los directores precisan una visión holística del proceso que le permita entrelazar las diferentes orientaciones. El equipo tiene un carácter multidisciplinar y con gran diversidad, tanto en formación como en experiencia lo que nos permite un enfoque sistémico donde se contemple la acuicultura como un proceso y donde el objetivo de la investigación pivote alrededor del productor, los problemas del país, y la competitividad territorial.

La acuicultura tropical comienza su andadura en Ecuador de modo relativamente incipiente y se hace de forma mayoritariamente empírica, reproduciendo modelos productivos exitosos de otros países y generalmente de carácter intensivo. Se aborda el trabajo de investigación desde el convencimiento que esta actividad ha de buscar su propio espacio y que copiar (no trasponer) modelos de negocio intensivistas, de gran escala, con utilización de especies

genéticamente mejoradas, no lleva sino a reproducir errores que se evidencian, en la actualidad, en los diferentes sistemas productivos del mundo occidental.

En este contexto la acuicultura, que se considera habitualmente separada de la ganadería, muestra un gran potencial, aunque su nivel de desarrollo es muy escaso. El nivel de conocimiento está circunscrito a muy pocas especies y escasos sistemas de producción de carácter lineal y en circuitos cerrados. En acuicultura se utilizan especies alejadas filogenéticamente de las tradicionales de cría e incluso los sistemas de producción escapan de los planes de estudio de grado. Todo ello limita su avance científico y provoca un crecimiento asimétrico del conocimiento que ralentiza e impide un crecimiento sostenido del sector. La progresiva sustitución de la tradicional pesca “extractiva” por el desarrollo de emprendimientos incipientes en acuicultura vislumbra un futuro esperanzador. El número de especies de acuicultura en España es muy reducido y se circunscribe fundamentalmente a mejillones, ostras, trucha arco iris, lubina, rodaballo, aunque ya aparecen otras especies.

La acuicultura participa en funciones productivas y no productivas, así como en servicios ambientales y contribuye al desarrollo de la economía circular. Todo ello ha de considerarse en el estudio experimental de una especie y los sistemas productivos más apropiados si se busca un modelo de negocio viable en el largo plazo y que contribuya al desarrollo territorial.

2. Objetivos

El objetivo general planteado en la tesis doctoral es contribuir a la generación de conocimientos en la actividad acuícola que favorezcan la incorporación de la especie vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en programas de conservación, recuperar la actividad acuícola en los ríos, y proponer alternativas viables y sostenibles en los sistemas de producción. Todo ello desde la dimensión del desarrollo endógeno y la necesidad de alcanzar mayores niveles de soberanía alimentaria en las comunidades más desfavorecidas.

Objetivos Específicos

1. Desarrollar y fortalecer las capacidades científico-tecnológicas, de gestión, logísticas y otras relacionadas para la acuicultura.
2. Profundizar en el conocimiento de los factores del hábitat en el que desarrolla su actividad el *Cichlasoma festae*.
3. Caracterizar el crecimiento del *Cichlasoma festae*.

3. Estructura de la tesis

En el **capítulo primero** se muestra las características del sector; para ello se presentan algunas macromagnitudes ofrecidas por la FAO, se separa la pesca de la acuicultura, se profundiza en conceptos; tales como el enfoque agro-sistémico de la acuicultura, se muestra la utilidad de la producción integrada, se exponen los motivos del endemismo, y la riqueza de la ictiofauna de Ecuador.

En el **capítulo segundo** se muestran y definen los sistemas de producción en acuicultura tropical. Nos hemos alejado de los sistemas intensivos europeos y hemos optado por desarrollar más en profundidad los cuatro sistemas existentes en América latina y que marcan el desarrollo del sector.

En los **capítulos tercero y cuarto** se abordan las distintas experiencias realizadas con animales y con diferentes diseños experimentales orientadas a mejorar el conocimiento de la especie en condiciones semi-controladas lo que permite realizar un aporte a la conservación de estos recursos zoogenéticos como estrategias de medio de vida en poblaciones muy vulnerables.

II.- Revisión Bibliográfica

CAPÍTULO 1. PERSPECTIVAS DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA

La pesca y la acuicultura han experimentado un gran desarrollo en las últimas décadas. La demanda de productos pesqueros es creciente, debido fundamentalmente a un crecimiento de la población, al incremento del nivel de renta y un mayor grado de urbanización de la población (SOFIA, 1996). No obstante, las capturas han tocado techo debido fundamentalmente a la sobreexplotación de los recursos pesqueros, la degradación de los hábitats, y el agotamiento de las zonas de pesca. Históricamente la producción de pescado contribuye a nivel global con un 0,5% de la producción de alimentos, aunque aumenta su peso dentro de la dieta. El pescado contribuye con un aporte entre el 20 y el 25% de las proteínas de origen animal.

Por otra parte, de acuerdo a los informes desarrollados en el contexto de la Bioeconomía (Sawaya y Arundel, 2010), tanto los consumidores como las políticas gubernamentales conducen a una reducción del consumo de proteína de origen animal (vacuno, ovino y porcino fundamentalmente), y de modo paralelo existe un apoyo decidido a la producción de proteínas alternativas (procedentes de insectos, hongos, etc.), adicionalmente el incremento del consumo de proteínas procedente del pescado de acuicultura y en menor medida de la acuaponía. Lo expuesto son tendencias de los consumidores y de la ciencia; donde intervienen distintos factores tales como creencias (teoría del comportamiento planificado), políticas gubernamentales, planes de ordenación y percepciones sobre los sistemas de producción que condicionan su financiación y el desarrollo futuro; en este sentido actúa el plan de bioeconomía 2030 de la UE.

El sector muestra diversas estructuras productivas de acuerdo al nivel de renta y el grado de desarrollo tecnológico del país productor. De este modo, los países desarrollados muestran estructuras pesqueras con alta capacidad y nivel tecnológico, lo que ocasiona problemas de exceso de capacidad respecto a la disponibilidad de recursos renovables, por lo que se encuentran inmersos en políticas de reordenación del sector y la reducción de sus flotas pesqueras. Respecto al tipo de producto hay marcadas diferencias, así en los países en desarrollo se trabaja generalmente a pequeña

escala, con pescado fresco que se destina mayoritariamente a mercados de proximidad (excepto el caso del camarón en Ecuador, la panga en los países asiáticos y la tilapia que se exporta a EEUU). Por el contrario, las pesqueras del Norte de Europa y EEUU se orientan a gran escala, a la producción de pescado congelado y en muchos casos procesado. A tenor de lo expuesto surge la necesidad de una ordenación territorial de la utilización de los recursos pesqueros que promuevan las actuaciones indicadas en la Tabla 1.1.

Tabla 1. 1. Actuaciones en acuicultura y cambio climático.

Objetivos	Acción	Estrategia
1. Evitar la sobreexplotación de recursos	Mitigación del cambio climático	Paliativa
2. Evitar la degradación de hábitats		
3. Sistemas locales de pequeña escala	Producción responsable	Preventiva
4. Repoblación para la pesca	Evitar el cambio climático	Adaptativa-preventiva
5. Conservación de RZG		

El cambio de pesca por acuicultura conlleva un cambio de matriz productiva extractiva (pesca) por otra de conocimiento y descansa en un nuevo modelo de negocio que busca la viabilidad técnica, social, ambiental y económica de la actividad.

1. El sector de la pesca y la acuicultura

La FAO (2012) refleja, en su estudio respecto de la situación de la pesca y la acuicultura a nivel mundial, que esta actividad contribuye de modo decisivo al bienestar y a la prosperidad de la población a nivel general. La acuicultura es **una gran oportunidad** que favorece la soberanía alimentaria en los países en desarrollo, mantiene sus medios de vida y potencia el incremento de los ingresos de la unidad familiar. Además, cuando se dan condiciones de responsabilidad social se favorece la sustentabilidad en sus distintas dimensiones y la actividad contribuye al desarrollo de funciones ambientales y sociales más allá de las meramente productivas. No obstante, y a pesar de su importancia la pesca y la acuicultura también tienen una serie de problemas estructurales que se

acentúan en mayor medida en los países en desarrollo, tal y como indica la FAO (2012) y la Conferencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible; entre los que destaca:

- la mala gobernanza de la acuicultura por parte de los países productores.
- la ausencia de planes de ordenación pesquera y la existencia de deficiencias estructurales en los mismos,
- la existencia de una fuerte relación de competencia por la utilización de los recursos naturales, el uso de prácticas inadecuadas como la sobreexplotación de especies, las injusticias sociales en la cadena de valor, la no incorporación de los derechos de las comunidades campesinas en las diferentes fases, entre otros.

Por otra parte, Murillo *et al.* (2015) indican dos graves carencias estructurales en los diferentes países en desarrollo. Por una parte, **la ausencia de estadísticas fiables** en las distintas fases de la cadena de valor, y por otra parte el **déficit de conocimiento científico** aplicado a las especies nativas, los hábitats y los sistemas de producción. Estos déficits condicionan y restringen un crecimiento racional de las distintas etapas de la cadena de valor y la adopción de políticas adecuadas que lo impulsen. Además, la mejora de las estadísticas de cada país en lo referente a la pesca y a la acuicultura son prioritarias para una adecuada toma de decisiones y el desarrollo sectorial en el contexto de la bioeconomía o economía verde. En este sentido, Mathiensen (FAO, 2012) indica que *“Para asegurarse de que el bienestar ecológico es compatible con el bienestar humano, y hacer que la prosperidad sostenible sea una realidad a largo plazo para todos, es necesario encontrar el equilibrio adecuado entre las oportunidades y las amenazas en el uso de la tecnología y los recursos naturales, en la aplicación de decisiones económicas y políticas acertadas y en la preservación de la integridad medioambiental y el consenso social”*.

La pesca y la acuicultura contribuyen de modo notable a la soberanía alimentaria y el empleo por parte de las poblaciones más vulnerables. En la Tabla 1.2 se muestra como la producción mundial de la pesca y la acuicultura se han incrementado notablemente en el periodo 2006-2011, desde 137 a 154 millones de toneladas y el 85% de la producción se destina al consumo humano. Hasta alcanzar el 20% de las necesidades de

proteína animal de la población.

Se observa en la Tabla 1.2 que existe un estancamiento de la pesca de captura en el periodo 2006-2011 y, por el contrario, la acuicultura muestra un crecimiento de 32% en el mismo periodo. La acuicultura continental o de agua dulce muestra un crecimiento fuerte y sostenido frente a la marina que va perdiendo peso en el tiempo.

Tabla 1. 2. Evolución de la pesca y acuicultura en el periodo 2006-2011 (FAO, 2012).

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
(millones de toneladas)						
PRODUCCIÓN						
Pesca de captura						
Continental	9,8	10,0	10,2	10,4	11,2	11,5
Marítima	80,2	80,4	79,5	79,2	77,4	78,9
Pesca de captura total	90,0	90,3	89,7	89,6	88,6	90,4
Aquaculture						
Continental	31,3	33,4	36,0	38,1	41,7	44,3
Marítima	16,0	16,6	16,9	17,6	18,1	19,3
Acuicultura total	47,3	49,9	52,9	55,7	59,9	63,6
Producción pesquera mundial total	137,3	140,2	142,6	145,3	148,5	154,0
UTILIZACIÓN						
Consumo humano	114,3	117,3	119,7	123,6	128,3	130,8
Usos no alimentarios	23,0	23,0	22,9	21,8	20,2	23,2
Población (miles de millones)	6,6	6,7	6,7	6,8	6,9	7,0
Suministro de peces comestibles per cápita (kg)	17,4	17,6	17,8	18,1	18,6	18,8

Notas: No se contabilizan las plantas acuáticas. Las cantidades totales pueden no coincidir debido al redondeo. Las cifras para 2011 son cálculos provisionales.

En el periodo 1980-2010 se ha multiplicado por 12 la producción piscícola la Figura 1.1 durante generada en acuicultura, con un crecimiento medio anual del 8,8%.

En 2010 se alcanza una producción acuícola mundial de 60 millones de toneladas, que se incrementa a 79 millones de toneladas al contabilizar las plantas acuáticas cultivadas y los productos no alimentarios. Se utilizan alrededor de 600 especies en acuicultura distribuidas en 190 países con una alta heterogeneidad en sistemas de producción, diversa utilización de factores, niveles tecnológicos, etc. Asimismo, entre los organismos comestibles cultivados figuran peces de escama, crustáceos, moluscos, anfibios, reptiles acuáticos y otros animales acuáticos (pepino de mar, erizos de mar, tunicados y

medusas). Además, hay criaderos especializados en la producción de huevos destinados a la repoblación del medio acuático.

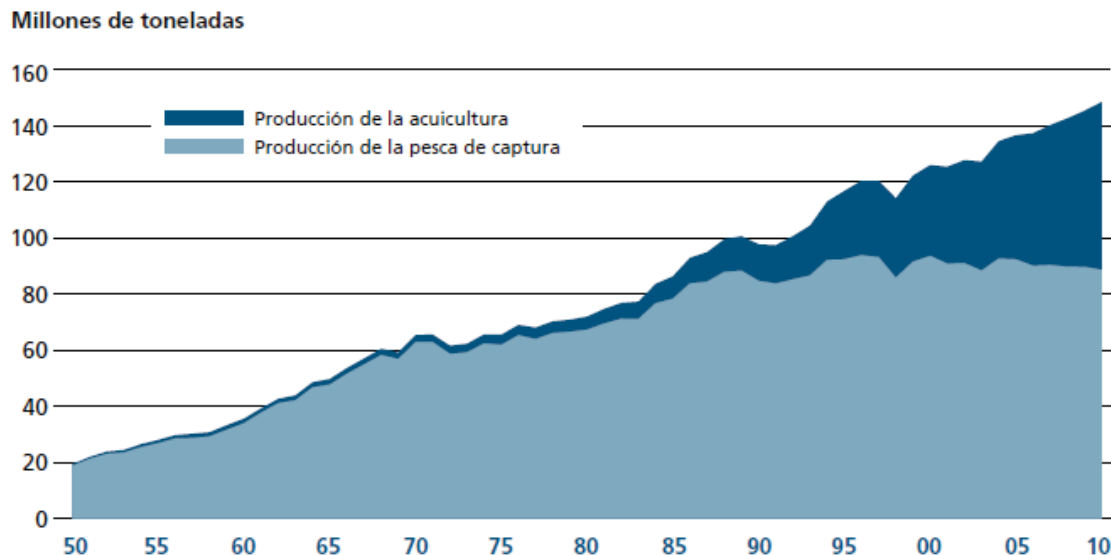


Figura 1. 1. Evolución de la pesca y la acuicultura 1950-2010 (FAO, 2012).

A pesar de este crecimiento existen **problemas estructurales** que debilitan y limitan el desarrollo sostenido del sector. Entre estos destacan:

- La falta de conocimiento científico en cuanto a sus condiciones de cría, densidad adecuada, manejo, alimentación, patología, etc.
- Falta de técnicos especializados y ausencia de asesoramiento para los pequeños productores que les permita organizar la producción de modo racional y viable.
- Ausencia de un enfoque ecosistémico en acuicultura (EEA) que la haga racional e integrada a la vez que sostenible.
- Brecha entre el direccionamiento de la investigación y los problemas del sector.
- Sistemas muy vulnerables a la contaminación. En estas zonas se produce una intensificación de la agricultura con utilización creciente de fertilizantes, herbicidas e insecticidas que contaminan los acuíferos y generan una reducción significativa en el volumen de producción, cuestionando la viabilidad del sector (caso del camarón en Ecuador).
- Alta sensibilidad de los sistemas ante desastres naturales y modificaciones de los hábitats.

- Introducción de especies foráneas mejoradas de alto crecimiento que provocan la desaparición de los recursos zoogenéticos locales.

El avance de la producción es fruto de iniciativas aisladas e independientes al margen de una matriz productiva conformada desde sector o las propias instituciones públicas de investigación y educación. En el caso de España, tras su incorporación a la UE, el sector acuícola accede a fondos estructurales y subvenciones tanto del FEOGA como del CDETI (Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial), donde el desarrollo sigue un patrón de conducta mediante “prueba y error”, con gran esfuerzo individual y una demanda creciente de un I+D aplicado y donde hay una distancia significativa entre los intereses de la academia y del mundo científico, lo que explica en parte el fracaso de un número importante de iniciativas.

Por otra parte, la producción mundial acuícola se concentra en pocos países y se limita a un número reducido de especies. China, con el 60% de la producción, asimismo destacan en Asia; la India, Vietnam, Indonesia, Bangladesh, Tailandia, Myanmar, Filipinas y el Japón. Fundamentalmente se producen peces de escama (64,6%), seguidos de moluscos (24,2%), crustáceos (9,7%) y especies varias (1,5%). En América del Norte, la acuicultura se ha estabilizado en los últimos años, en tanto que en América del Sur presenta un crecimiento firme y continuado, fundamentalmente en Brasil, Ecuador y Perú. En África ha ido aumentando lentamente su volumen en los últimos diez años, pasando del 1,2% al 2,2%, debido principalmente al rápido desarrollo del cultivo de peces de agua dulce en el África subsahariana, Nigeria, Uganda, Kenya, Zambia y Ghana.

Respecto a la **generación de empleo** por parte de la actividad de pesca y acuicultura, se visualiza en los anuarios estadísticos de la FAO que el porcentaje de empleo correspondiente a la pesca de captura se está estancando o reduciendo; en tanto que el empleo en acuicultura está aumentado, incluso crece a mayor velocidad que el de la agricultura. En este sentido, destaca que la pesca y la acuicultura proporcionaron medios de subsistencia a 54,8 millones de personas durante 2010 que se distribuyeron de la siguiente manera: Asia (87%), África (7%), y América latina y Caribe (3,6%).

2. Producción en acuicultura

Durante el período 1970-2010, América Latina y Caribe presentaron un crecimiento tímido pero constante, destacándose el aporte de países como Brasil, Perú, Ecuador y Colombia, sin embargo, las cifras están muy lejos de alcanzar los niveles de Asia (Tabla 1.3), donde China concentra el 61,40% de la producción para 2010. En este contexto está es de gran utilidad revisar las estrategias de producción asiáticas como referencia, sin perder de vista que cada territorio y sistema productivo tiene particularidades propias locales que lo hacen único.

Tabla 1.3. Evolución de la acuicultura 1970-2010 (FAO, 2012).

Determinados grupos y países		1970	1980	1990	2000	2009	2010
Africa	(toneladas)	10 271	26 202	81 015	399 676	991 183	1 288 320
	(porcentaje)	0,40	0,60	0,60	1,20	1,80	2,20
África subsahariana	(toneladas)	4 243	7 048	17 184	55 690	276 906	359 790
	(porcentaje)	0,20	0,10	0,10	0,20	0,50	0,60
África del Norte	(toneladas)	6 028	19 154	63 831	343 986	714 277	928 530
	(porcentaje)	0,20	0,40	0,50	1,10	1,30	1,60
Américas	(toneladas)	173 491	198 850	548 479	1 423 433	2 512 829	2 576 428
	(porcentaje)	6,80	4,20	4,20	4,40	4,50	4,30
Caribe	(toneladas)	350	2 329	12 169	39 704	42 514	36 871
	(porcentaje)	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10
América Latina	(toneladas)	869	24 590	179 367	799 234	1 835 888	1 883 134
	(porcentaje)	0,00	0,50	1,40	2,50	3,30	3,10
América del Norte	(toneladas)	172 272	171 931	356 943	584 495	634 427	656 423
	(porcentaje)	6,70	3,70	2,70	1,80	1,10	1,10
Asia	(toneladas)	1 799 101	3 552 382	10 801 356	28 422 189	49 538 019	53 301 157
	(porcentaje)	70,10	75,50	82,60	87,70	88,90	89,00
Asia (a excepción de China y el Cercano Oriente)	(toneladas)	1 034 703	2 222 670	4 278 355	6 843 429	14 522 862	16 288 881
	(porcentaje)	40,30	47,20	32,70	21,10	26,10	27,20
China	(toneladas)	764 380	1 316 278	6 482 402	21 522 095	34 779 870	36 734 215
	(porcentaje)	29,80	28,00	49,60	66,40	62,40	61,40
Cercano Oriente	(toneladas)	18	13 434	40 599	56 665	235 286	278 061
	(porcentaje)	0,00	0,30	0,30	0,20	0,40	0,50
Europa	(toneladas)	575 598	916 183	1 601 524	2 050 958	2 499 042	2 523 179
	(porcentaje)	22,40	19,50	12,20	6,30	4,30	4,20
Unión Europea (27)	(toneladas)	471 282	720 215	1 033 982	1 395 669	1 275 833	1 261 592
	(porcentaje)	18,40	15,30	7,90	4,30	2,30	2,10
Países ajenos a la Unión Europea	(toneladas)	26 616	38 594	567 667	657 167	1 226 625	1 265 703
	(porcentaje)	1,00	0,80	4,30	2,00	2,20	2,10
Oceania	(toneladas)	8 421	12 224	42 005	121 482	173 283	183 516
	(porcentaje)	0,30	0,30	0,30	0,40	0,30	0,30
Total mundial	(toneladas)	2 566 882	4 705 841	13 074 379	32 417 738	55 714 357	59 872 600

Nota: Los datos no contabilizan las plantas acuáticas ni los productos no alimentarios. Los datos para 2010 de algunos países son provisionales y están sujetos a revisiones. Los valores de producción correspondientes a 1980 para Europa incluyen la antigua Unión Soviética.

Los peces de agua dulce muestran elevada diversidad y están estrechamente ligados a distintas zonas geográficas y regiones de ictiofauna. En este sentido, según Jiménez *et al.* (2015) y Leveque *et al.* (2008) se han registrado más de 13.000 especies y 2.500 géneros en agua dulce frente a las 32.500 especies acuícolas a nivel mundial (Nelson, 2006), aunque el agua dulce (ríos, cuencas y lagos fundamentalmente) no suponen más del 1% del volumen total del agua. A pesar de lo expuesto FAO (2012) insiste en la necesidad de información estadística con una base sólida y fiable. Destaca grandes carencias en los datos relativos a: i) la producción acuícola no alimentaria, que incluye el cebo vivo para la pesca, especies ornamentales vivas (de animales y plantas) y productos ornamentales (perlas y conchas); ii) peces cultivados para pienso destinado a la cría de determinadas especies carnívoras; iii) el cultivo de biomasa de muchas especies (como el plancton, artemisa y poliquetos) para uso como pienso en viveros y operaciones de engorde en el sector acuícola; iv) la producción de piscifactoría y criadero para el cultivo en cautividad o la repoblación del medio silvestre; v) insumos para engorde en cautividad de peces silvestres capturados.

A pesar de este panorama, en 2010 el número de especies registradas en las estadísticas de la FAO sobre producción acuícola aumentó a 541 especies y grupos de especies, entre ellas, 327 peces de escama (cinco híbridos), 102 moluscos, 62 crustáceos, seis anfibios y reptiles, nueve invertebrados acuáticos y 35 algas. El aumento se debe a las mejoras en la recopilación de datos y la presentación de informes en los planos internacional y nacional, así como el cultivo de nuevas especies, incluidos híbridos. Según las estadísticas de utilizan alrededor de 600 especies acuáticas de peces comestibles y algas. Se han introducido ampliamente especies acuáticas exóticas que se utilizan para la producción masiva en la acuicultura, y su uso es muy común e importante en los países asiáticos. Entre las especies de peces de escama introducidas satisfactoriamente a nivel internacional, cabe citar tilapias de África (especialmente la tilapia del Nilo), carpas chinas (carpa plateada, carpa cabezona y carpa herbívora), salmón del Atlántico (*Salmo salar*), bagres *Pangasius* (*Pangasius spp.*), perca atruchada (*Micropterus salmoides*), rodaballo (*Scophthalmus maximus*), pacú blanco (*Piaractus brachypomus*), pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Figura 1.2)



Figura 1. 2. Producción mundial de especies de agua dulce (FAO, 2012).

Con el objetivo de lograr mayores niveles de productividad se utilizan híbridos comerciales de modo habitual en acuicultura intensiva. Esta estrategia es muy utilizada con peces de escama y habitual en países con mayor nivel desarrollo tecnológico en acuicultura.

3. Enfoque ecosistémico de la Acuicultura (EEA). Acuicultura socialmente responsable.

La acuicultura muestra un crecimiento progresivo y sostenido en la producción de alimentos de origen animal para las poblaciones de los países en desarrollo y además la actividad genera beneficios sociales y ambientales. La acuicultura surge para satisfacer la demanda creciente de pescado, que en la actualidad no se puede satisfacer con la pesca de captura y que además va limitándose; tanto en cantidad, como en el número de especies, debido entre otros factores a una sobreexplotación de las especies más demandadas que incluso llegan a comprometer sus hábitats. En este contexto el presente trabajo de investigación contribuye a un incremento del conocimiento de la cría de especies nativas como eje de una adecuada elaboración de políticas de desarrollo que favorezcan su sostenibilidad, su integración con otros sectores y con las distintas fases de la cadena agroalimentaria de modo que impulse el desarrollo territorial.

3.1. Desarrollo sostenible y enfoque ecosistémico

El término sostenibilidad fue acuñado por la comisión Brundtland (1987) en la siguiente definición: *“El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”*.

Asimismo, la FAO en el campo de la agricultura y la ganadería indica: *“Desarrollo sostenible es la gestión y conservación de la base de los recursos naturales y la orientación de cambios tecnológicos e institucionales de manera que se asegure el logro y la satisfacción de las necesidades humanas para generaciones presentes y futuras. Dicho desarrollo sostenible (en sectores agrícolas, forestales y pesqueros) preserva los recursos de la tierra, el agua, así como los genéticos de plantas y animales, no degrada el medio ambiente, es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable”* (FAO, 2011).

Según la FAO (2011) *“Un enfoque ecosistémico de la acuicultura (EEA) es una estrategia para la integración de la actividad en el ecosistema más amplio, que promueva el desarrollo sostenible, la equidad y la capacidad de recuperación de los sistemas socio-*

ecológicos interconectados”.

Asimismo, en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (UNCDB, 1993) se define el EEA *“como una estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo”.*

Conceptos como **Economía Verde**, **Producción Sostenible**, **Responsabilidad social** empiezan a incorporarse en la producción y la toma de decisiones; tanto en el sector de la pesca, como sobre todo y de modo activo, en el de la acuicultura. Hay una aceptación tácita de que la sobreexplotación de los recursos naturales sin su ordenamiento conlleva un agotamiento de los mismos y compromete el patrimonio genético, los hábitats, la provisión de alimentos y los propios medios de vida de los pescadores y las comunidades locales más desfavorecidas.

La economía verde tiene por objeto velar por que la explotación de los recursos contribuya a la sostenibilidad y pone como centro del eje de acción el bienestar social. En la economía verde se intenta superar el paradigma donde **desarrollo económico y medio ambiente** mantiene una relación competitiva y excluyente (García *et al.*, 2000). En la conferencia de Río se intentan buscar estrategias complementarias y sinérgicas entre ambos conceptos mediante herramientas promovidas a partir del conocimiento y una visión ecosistémica de la acuicultura (EEA) que favorezca el desarrollo de prácticas de producción sostenibles y responsables (Rodríguez *et al.*, 2015).

Lo expuesto anteriormente justifica el interés por abordar en mayor profundidad el sector de la acuicultura sostenible. Dentro de la misma poner el foco en las aguas tropicales continentales y en el caso de Ecuador en los recursos nativos existentes en la Zona de la Costa. La industria del camarón ha tenido gran desarrollo en Latinoamérica como actividad económica de mediana y gran escala, aunque hoy este en una crisis estructural. Por otra parte, se está haciendo un esfuerzo creciente por los pequeños acuicultores de interior, la conservación de la diversidad y el mantenimiento de los recursos zoogenéticos locales como estrategia de conservación y eje de investigación de los medios de vida de las poblaciones ecuatorianas locales (Figura 1.3)

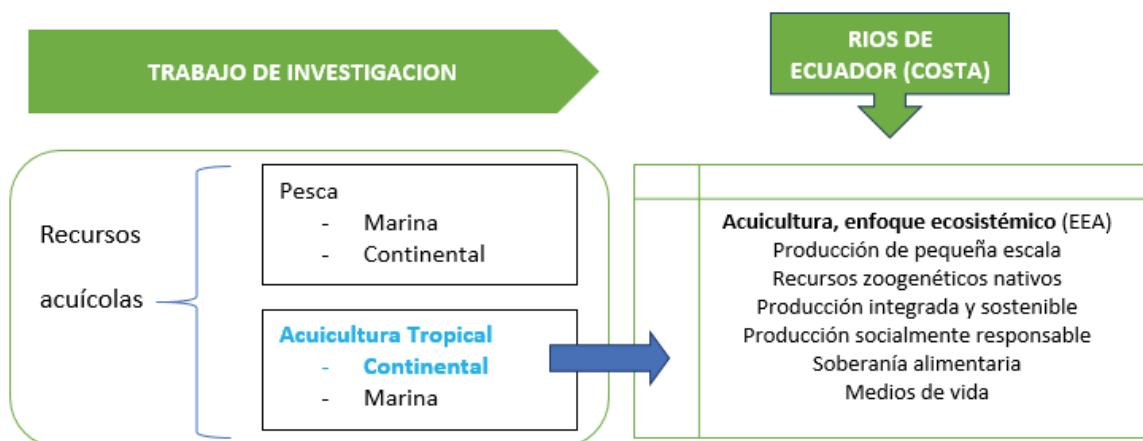


Figura 1.3. Ejes de la investigación sobre especies nativas e Los Ríos.

Montaño *et al.* (2008), Montaño (2014) y Novo (2008) indican que el desarrollo no es tan sólo una meta a alcanzar, sino de una forma de viajar, enfatizando más los procesos que los productos. Donde cada territorio ha de trazar y recorrer sus propios caminos, utilizar sus propios instrumentos, descubrir sus dificultades y hallazgos, y ello requiere el respeto a la diversidad como soporte de la sostenibilidad.

En este apartado se irán desarrollando aspectos de la acuicultura sin perder la perspectiva de que el objeto de la investigación es el desarrollo de una producción responsable de pequeña escala a partir del conocimiento de los recursos endógenos y de modo específico las especies nativas de la costa de Ecuador y en la zona ictiografía del Guayas (Figura 1.3).

La acuicultura presenta diferentes efectos. Por una parte, la actividad productiva *per se* contribuye a la soberanía alimentaria de los países en desarrollo en sus diferentes pilares (provisión de alimentos, continuidad, calidad, etc.). Por otra, es un elemento clave en repoblación de ríos y ecosistemas que permiten la pesca de captura y finalmente, aunque no menos importante es su papel para la conservación y mejora de los recursos zoogenéticos existentes en cada país. El valor de la conservación aparece como un nuevo reto donde hay que valorar la labor de los acuicultores en la gestión de la conservación de los recursos locales de carácter endémico y que son en muchos casos

patrimonio de la humanidad.

La FAO (2011) desarrolla a partir de las propuestas de Hambrey *et al.* (2008) la siguiente figura, donde se recogen los principales ejes del enfoque ecosistémico en acuicultura (EEA). Cuando se realiza este enfoque en la producción acuícola de la Zona Tropical de la Costa de Ecuador se contabilizan varias actividades en las granjas: acuicultura con diferentes fases y especies, agricultura de grano (maíz, arroz, etc.) y tropical (banano, cacao, piña, palma africana) y usos forestales. Sin menoscabo de otras actividades ganaderas como el doble propósito o producciones de traspatio. El conjunto de todas las actividades es lo que conforma el sistema de producción y es el objeto de análisis de viabilidad.

El enfoque ecosistémico (EE) reconoce que:

- los seres humanos son parte integral de ecosistemas importantes, y la gente debe estar en el centro de gestión de la biodiversidad. Esto implica la necesidad de enfoques integrados y participativos en la identificación de problemas y la gestión del ecosistema.
- los ecosistemas proporcionan servicios que sostienen la actividad humana, y debemos evitar amenazar el suministro sostenido de estos servicios por daño a las funciones del ecosistema.
- dada nuestra ignorancia sobre el funcionamiento de estos sistemas altamente complejos, es necesario un enfoque preventivo y adaptativo.
- algunas actividades amenazan o reducen la calidad de los servicios de los ecosistemas disponibles a la sociedad en general y por lo tanto representan un costo que debe tenerse en cuenta o internalizado.
- los productos residuales de una actividad o sector puede servir como insumos a otra, aumentando así la productividad y reduciendo la presión sobre las funciones y servicios del ecosistema.
- los ecosistemas funcionan en un rango de escalas, desde muy local a lo global, y por lo tanto, se necesita una visión integrada con diferentes enfoques de gestión de acuerdo a la escala.
- se requiere de análisis y comprensión de las implicaciones más amplias de tipo social, económico y ambiental para el cumplimiento de los objetivos y de transparencia en la toma de decisiones en relación con las compensaciones entre los objetivos sociales, económicos y ambientales.

Figura 1.4. Ejes del enfoque ecosistémico en acuicultura (FAO, 2011).

La EEA, se fundamenta en el conocimiento del sistema y en la búsqueda de la sustentabilidad. La sustentabilidad incluye aspectos ecológicos, técnicos, económicos y sociales, así como en las interacciones entre actividades (sinergias y *trade offs*) y la

competencia por el uso de recursos (agua, tierra, mano de obra, capital, etc.) (Toro-Mujica *et al.*, 2015). Las distintas dimensiones de la sustentabilidad se encuentran estrechamente interrelacionadas de modo dinámico y el conocimiento del “como se hace”, constituye el gran reto en la investigación aplicada y comprometida con el desarrollo de estas poblaciones rurales.

Según Rangel *et al.* (2016) la producción ganadera con un enfoque ecosistémico debe tender al desarrollo territorial, donde el eje lo marca el bienestar de la población y el compromiso de preservar los recursos para las generaciones futuras. La FAO (2011) establece tres principios en la EEA:

- *Principio 1: El desarrollo y el ordenamiento de la acuicultura deben tener en cuenta la gama completa de funciones y servicios del ecosistema, y no debe poner en peligro la prestación sostenida de estos a la sociedad.*
- *Principio 2: La acuicultura debe mejorar el bienestar humano y la equidad para todas las partes interesadas.*
- *Principio 3: La acuicultura se debe desarrollar en el contexto de otros sectores, políticas y objetivos.*

Los principales problemas productivos señalados por los acuicultores en Ecuador son:

- ¿Qué especies utilizar?
- ¿Qué sistemas productivos se deberían utilizar?
- ¿Cuál es el nivel tecnológico más adecuado?
- ¿Cómo alimentar los animales, sus requerimientos nutricionales y las pautas de alimentación?
- ¿Cómo hacer el ciclo completo con ciertas garantías de éxito (reproducción, etc.)?
- ¿Cómo hacer frente a las patologías con estrategias preventivas?



¿Qué sistema productivo y tecnologías queremos proponer a los productores?

El desarrollo de la acuicultura se ve modificado por factores externos e internos al sistema, tal y como se mencionaba en la primera parte del capítulo. No obstante, cabe

señalar dos macromagnitudes. Por una parte, el valor total estimado de la producción acuícola asciende en 2010 a 119.000 millones de dólares USD y que **un tercio de la producción se ha conseguido sin la utilización de piensos comerciales**.

Señalar la necesidad de seguir profundizando en el concepto de **producción integrada** y de acuaponía, donde se transforma una matriz productivista por una de conocimiento. Véase el caso de los sistemas bovinos de doble propósito frente a las producciones lecheras *super-intensivas* de gran escala (Rangel *et al.*, 2016).

En la Figura 1.5 se muestra la actividad acuícola dentro del concepto de ecosistema, con sinergias y *trade offs* entre actividades, con un carácter multifuncional, familiar de pequeña escala que se orientan fundamentalmente a garantizar la viabilidad de la unidad familiar y donde el crecimiento del mismo viene condicionado por factores tales como la existencia de relevo generacional y el coste de oportunidad de las restantes actividades externas (García *et al.*, 2016).

El enfoque ecosistémico busca un balance medioambiental (emisiones y captura de gases de efecto invernadero) y la gestión de los recursos renovables (agua, suelo, etc.). Estos sistemas se adaptan a los recursos existentes en la zona y predomina una estrategia preventiva y de anticipación al cambio climático frente a la mitigación de los efectos adversos. del cambio climático (FAO, 2014).

Por otra parte, en la Figura 1.6 se muestran las distintas escalas de actuación; ya sea a nivel de explotación, a un nivel micro e individual, a un nivel de sector (asociación de granjas) con las interacciones existentes entre ellas, con los restantes escalones de la cadena de valor y a nivel de territorio donde se aumenta la complejidad de los nudos sociales y las interrelaciones.

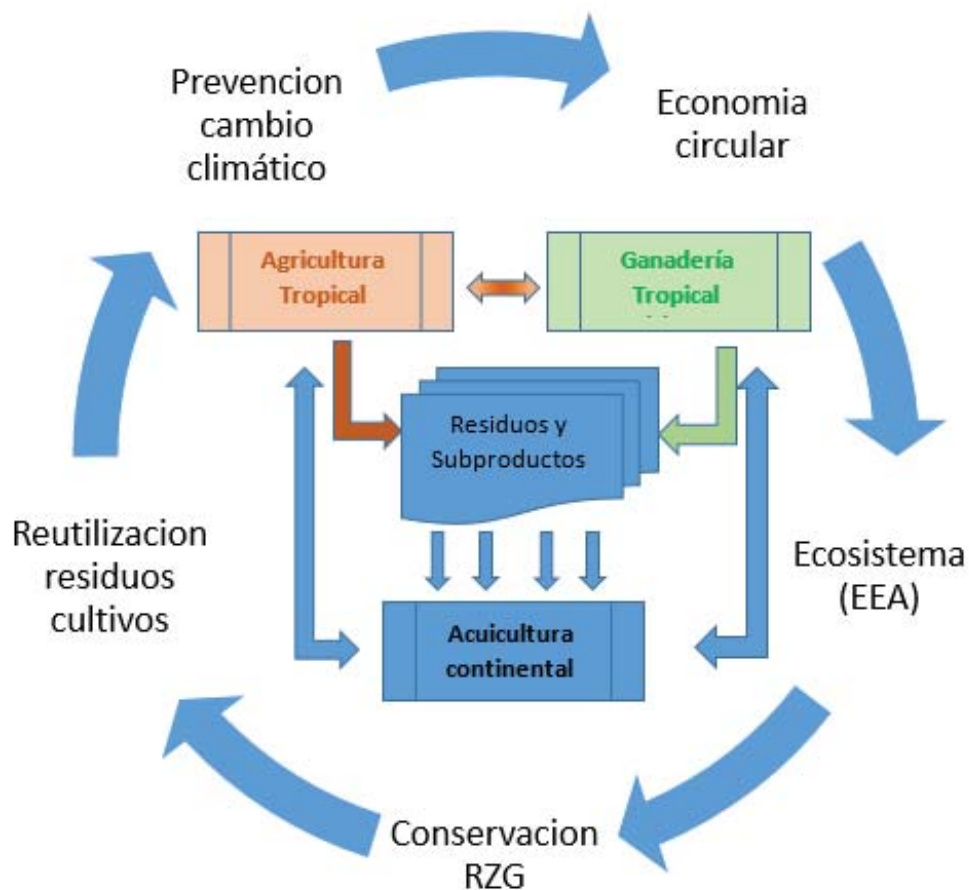


Figura 1.5. Interacciones entre actividades en una unidad productiva tropical-Ecuador.

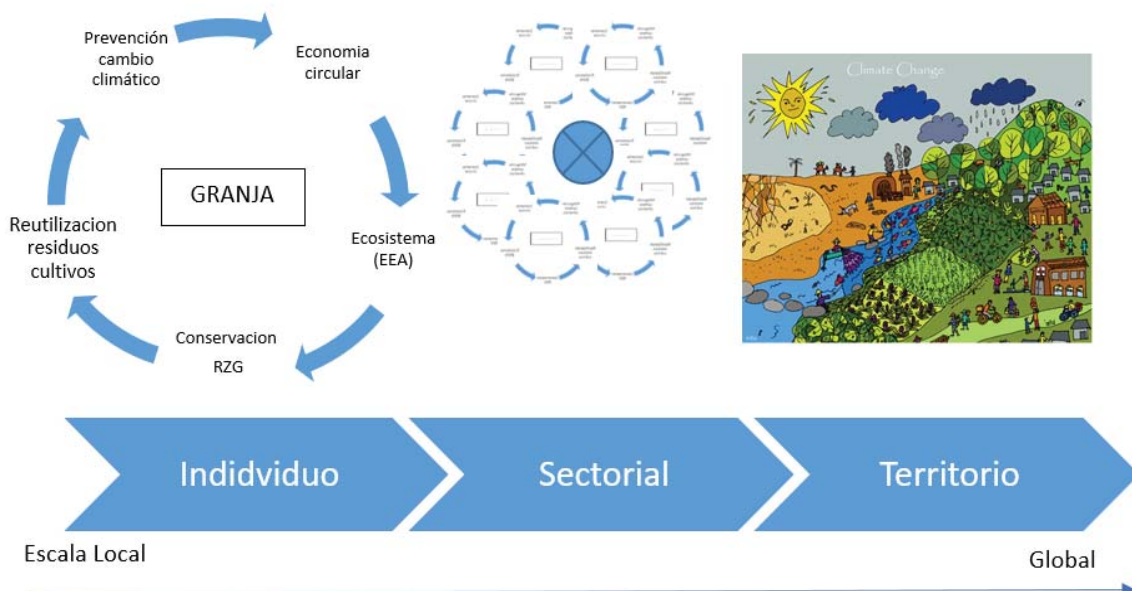


Figura 1. 6. Escalas de la Competitividad Territorial de la acuicultura (EEA).

3.2. Producción integrada

La FAO utiliza una terminología dual “peces alimentados” *versus* “peces sin alimentar”, el concepto puede generar errores. Se trata de buscar el desarrollo del sector a partir de los recursos endógenos existentes, aprovechar las ventajas competitivas de los animales y del territorio, identificar las fortalezas de los diferentes hábitats y en base al conocimiento profundo de sus interrelaciones favorecer el desarrollo de sistemas integrados de producción donde desde un enfoque ecosistémico se potencien las sinergias entre producciones y el balance ambiental neutro en el ecosistema. Este enfoque busca la aplicación de conceptos de ecoeficiencia y cambiar el criterio de intensificar la producción con dietas comerciales con bajas emisiones y alta eficiencia (estrategia de **mitigación** del cambio climático), por el de factibilidad y sostenibilidad que busca establecer un balance energético neutro en el sistema donde se aprovechen los recursos y capacidades de modo dinámico y se minimice la introducción de energía externa al sistema y se **evite** el cambio climático (Barba *et al.*, 2016).

En este sentido la FAO indica como ejemplo la alimentación de ostras, moluscos y otros bivalvos que se cultivan con productos naturales del hábitat. En el caso de la carpa plateada y la carpa cabezona se alimentan del plancton que prolifera a través de la fertilización en los mismos sistemas de policultivo multi-específicos. Asimismo, señala el caso frecuente de Asia donde es frecuente la producción integrada de arroz y pescado como practica ancestral.

Es importante “**lo que se hace**” pero tenemos que conocer “**como se hace**” para desarrollar una acuicultura sostenible y responsable. Esta visión de la bioeconomía y la economía circular consigue que los “residuos de un sistema productivo” se transformen en “materias primas” de un nuevo ciclo, donde además de reducir los costes se lucha de modo proactivo frente al cambio climático y la desaparición de la biodiversidad. En la asociación arroz-pescado se disminuyen las emisiones de metano de los arrozales en un 30% y desciende la utilización de fertilizantes en un 24%. Las especies utilizadas en Asia son carpas, tilapias, bagres y brevas. Este trabajo de investigación se focaliza en el

cíclido Vieja Colorada, especie similar, a la tilapia por lo que resultan de gran interés este tipo de integraciones beneficiosas que en base a su rusticidad y capacidad de adaptación contribuye a una gestión eficiente de los recursos naturales existentes, incluidos los hídricos.

Esta asociación sinérgica ha propiciado que, en las reuniones internacionales de la Comisión Internacional del Arroz, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención de Ramsar se recomendara a los países productores de arroz que promuevan el perfeccionamiento de los sistemas integrados de cultivo de arroz y cría de peces como forma de potenciar la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sostenible.

4. La acuicultura en Ecuador

América Latina cuenta con numerosas especies nativas con potencial en acuicultura, siendo la familia *Cichlidae* una de las más importantes y abundantes de agua dulce con más de 1,300 especies, mientras que América del norte, central y sur reúnen 402 especies (Kullander, 1998; Sparks and Smith, 2004). Los cíclidos nativos representan aproximadamente el 50% de la ictiofauna de América Latina y alrededor del 60% de éstos son del género *Cichlasoma* (Miller, 1966). El destino habitual de esta producción ha sido el consumo de carne de pescado por parte de las poblaciones ligadas a estos hábitats rurales mediante sistemas de pesca tradicionales y de pequeña escala que no comprometen la conservación de dichos recursos.

En la actualidad, la situación es bien distinta, en este sentido los inventarios realizados por el Instituto Nacional de Pesca del Ecuador (Chicaiza, 2005) indican que la frecuencia de captura de las principales especies nativas es cada vez menor. Para abastecer la demanda de carne de pescado se han introducido especies como las tilapias que han venido a diezmar la población de las especies nativas (Revelo y Elías, 2004), entre las que se encuentra la vieja colorada o *Cichlasoma festae*, que es un pez teleósteo, de aguas cálidas de la familia *Cichlidae* (Luna-Figueroa, 2000). Está identificado, con reconocimiento popular, es apreciado por los consumidores y también se cría en cautiverio a nivel ornamental. Desde el punto de vista de la conservación o la estandarización de los sistemas de producción, aun no se ha caracterizado la especie, se

desconoce su curva de crecimiento, requerimientos nutricionales, reproducción, etc. (Rodríguez *et al.*, 2015).

Barriga (2011) propone una lista actualizada de peces de agua dulce intermareales en Ecuador que cuantifica en 951 especies. El primer listado procede de Ovchynick (1967) con 295 especies que luego aumenta a 306 especies en la actualización de 1971. Igualmente, Barriga (1991) propone un listado de 706 especies que se actualiza en 2011. Indicar que cada vez que se actualiza el inventario aparecen nuevas especies lo que pone de manifiesto la biodiversidad y riqueza de la ictiofauna de los ríos de Ecuador. Las especies se dividen en las once zonas ictiográficas en las que se estructura el país y se distribuyen en las tres zonas agroecológicas clásicas:

- **Zona de la Costa:** entre 120 a 211 especies.
- **Zona de la Sierra:** 1 ó 2 especies.
- **Zona de la Amazonía:** Amazonía Alta con 125 especies y Amazonía Baja con 680 especies.

Tabla 1.4. Distribución emprendimientos piscícolas en Ecuador.

Zona	Nº de piscicultores	Porcentaje
Región Amazónica	4,139	77.98
Región Interandina	781	14.71
Región Costa	388	7.31
TOTAL	5,308	100

Fuente: Subsecretaría de Acuicultura, 2010.

En Ecuador la piscicultura de aguas continentales es una actividad de importancia creciente con gran interés económico, social y ambiental. Involucra a distintos sectores productivos y especies nativas, donde además de promover un incremento de la renta de los pequeños productores, favorece el desarrollo endógeno, es productora de alimentos y genera empleo en zonas desfavorecidas y marginales con bajo coste de oportunidad de la mano de obra. Constituye actualmente una alternativa productiva de

gran futuro para zonas rurales, *aunque es necesario un desarrollo tecnológico acorde con los requerimientos de cada especie, fijar los sistemas y evaluar su pertinencia social y ambiental, además de analizar la viabilidad técnica y económica de la actividad y por ende de los emprendimientos* (Rodríguez et al., 2015).

Los datos de la Subsecretaría de Acuicultura muestran la importancia del sector con más de 850 emprendimientos formales que se concentran mayoritariamente en la Amazonía, aunque tienen gran interés social las iniciativas existentes en la Sierra y en la Costa (**Tabla 1.4**). Indicar que el censo no contabiliza la existencia de gran número de emprendimientos informales, o actividades extractivas destinados fundamentalmente al autoabastecimiento o venta al detalle.

Los datos existentes en la Subsecretaría de Acuicultura muestran un sector conformado por pequeños productores o microemprendimientos, donde el 37 % dispone de menos de 100 m² de superficie destinada a la producción y el 66 % de los productores, cuentan con explotaciones de menos de 300 m² (**Tabla 1.5**)

Tabla 1.5. Dimensión de los emprendimientos acuícolas en Ecuador.

Nº de piscicultores	Superficie acuícola por explotación
363	53.62 m ²
167	150 m ²
113	260 m ²
68	351 m ²
28	451 m ²
95	730 m ²
130	2,783 m ²
12	23,660 m ²

Fuente: Subsecretaría de Acuicultura, 2010.

El sector está atomizado, con gran dispersión geográfica, con alta variabilidad en los sistemas, en el tipo de emprendimiento y utilización de diferentes especies. Todo ello precisa de una vertebración que favorezca su competitividad y viabilidad a la vez que el uso racional de los recursos y la conservación de las especies nativas.

Surge la siguiente interrogante:

¿Nos interesa intensificar y tecnificar la producción de tilapia o apostar por el conocimiento y desarrollo de nuestras especies nativas? ¿Dónde cree que está el futuro para los productores y el interés a nivel de país?

Esta pregunta ex ante, puede parecer superflua, pero es el cuestionamiento que se realiza en cada estamento de la cadena y direcciona en uno u otro sentido la investigación y el futuro.

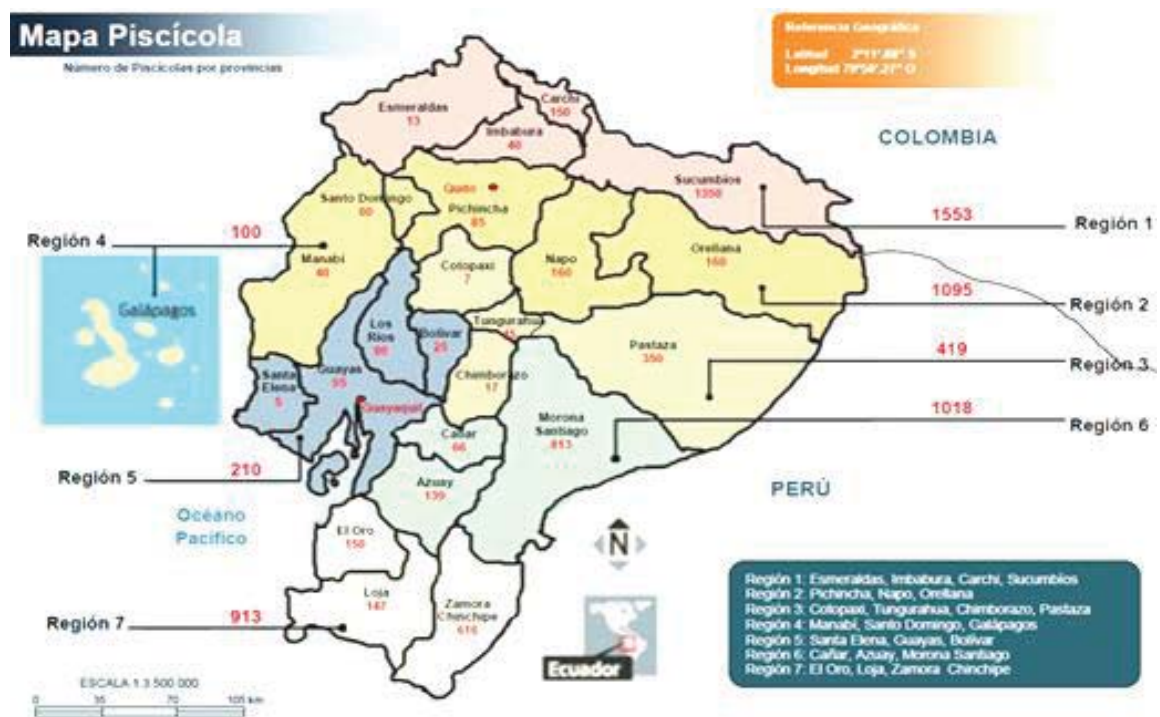


Figura 1.7. Mapa piscícola de Ecuador.

4.1. Descripción de la cadena de valor

La cadena productiva involucra todos los eslabones de la actividad desde los fabricantes de insumos, maquinarias, equipos, hasta el producto final, incluyendo la comercialización. En toda la cadena productiva, una mayor integración asegurara un incremento de la productividad y de la oferta para satisfacer las necesidades del cliente, cumpliendo con el objetivo de producción-consumo. En la **Figura 1.6** se muestra la distribución provincial de emprendimientos piscícolas en Ecuador.

Tabla 1.6. Distribución de la producción por regiones.

Región	Producción (T/año)
1	1.553
2	1,095
3	419
4	100
5	210
6	1.018
7	913

La cadena de valor de la producción de pescado en Ecuador para el caso de tilapia (Figura 1.8) está dada por: proveedores de alevines, cría-engorde, transporte, procesamiento y comercialización.

Los actores principales de la cadena de valor en la producción de pescado son los siguientes:

a) Actores directos: caracterizados en dos cadenas, determinadas por el tipo de cultivadores:

- ✓ Cadena 1. Centro de preproducción de alevines-cultivadores artesanales-evisceradores-comerciantes-mercado: local o nacional.
- ✓ Cadena 2. Centro de reproducción de alevines-cultivadores industriales-procesadores: filetes frescos y congelados-exportadores.

b) Actores indirectos:

- ✓ Proveedores de insumos: fertilizantes, alimento, productos veterinarios, equipos y maquinarias.
- ✓ Créditos: CFN /(Cooproducción Financiera Nacional), banca Privada, BNF (Banco Nacional Frances).
- ✓ Proveedores de servicios: análisis, asistencia técnica, de investigación y desarrollo, empresas de publicidad.

Organismos de control: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, a través de la Subsecretaría de Acuicultura y el Instituto Nacional de Pesca, MAE, COMEX, SRI (Servicio de Rentas Internas).

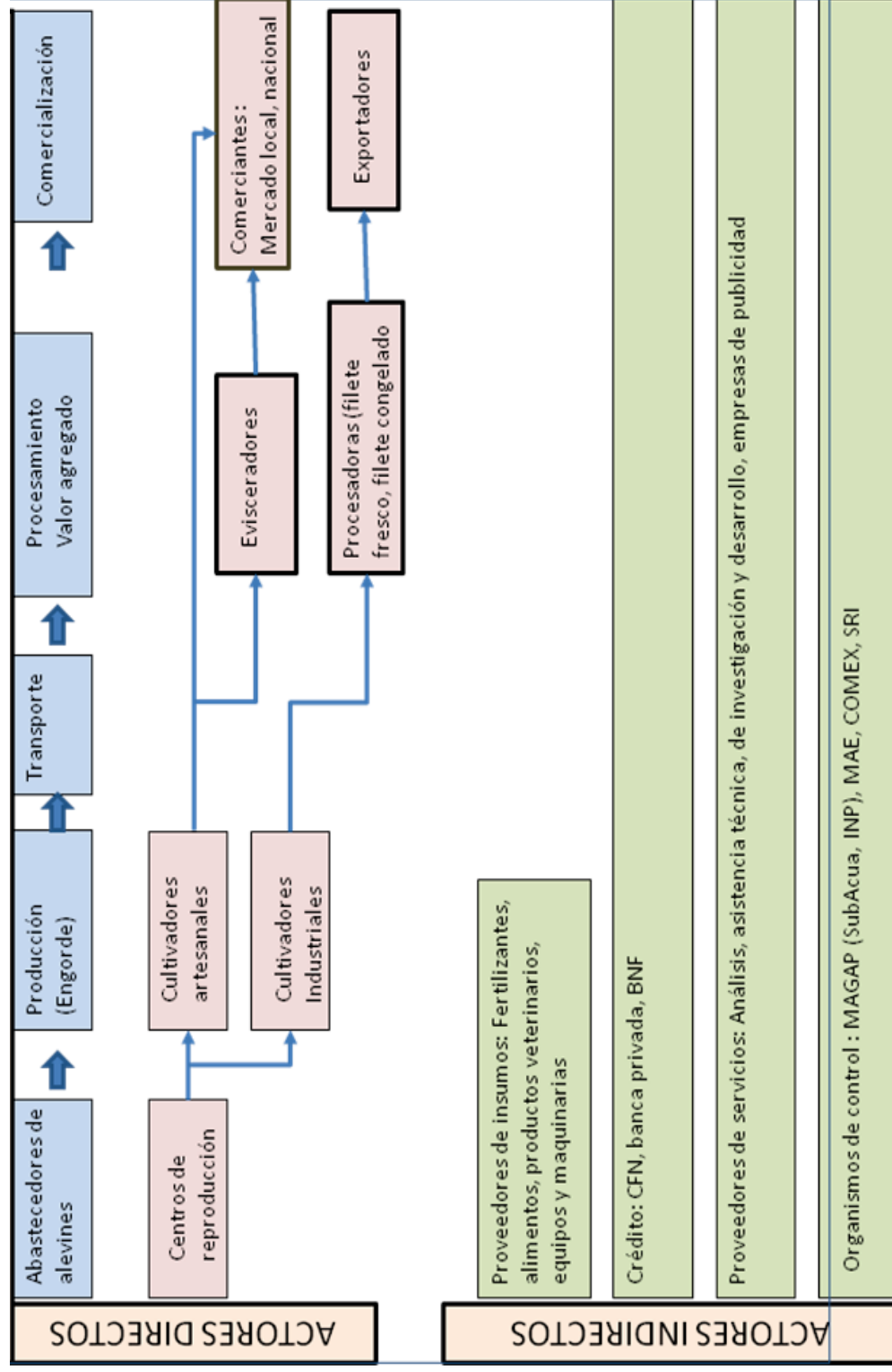


Figura 1.8. Estructura de la cadena productiva de la tilapia.

Fuente: Subsecretaría de Acuicultura, 2010.

5. La cuenca hidrográfica del Guayas.

La Cuenca del Guayas tiene una extensión de 53,299 km² y gran riqueza de ictiofauna, fitoplancton y zooplancton. Se trata de la mayor cuenca hidrográfica de la costa del Pacífico de América del Sur y se ve sometida a los efectos de las mareas hacia el golfo de Guayaquil y desde el océano Pacífico hacia el interior. Los ríos que forman el sistema hidrográfico del Guayas corren de Norte a Sur hasta desembocar frente a la isla Puná. Los mayores afluentes del Guayas son los ríos Daule y Babahoyo al que afluyen el Vinces, Pueblviejo, Zapotal y Yaguachi forman la red fluvial más densa de la costa.

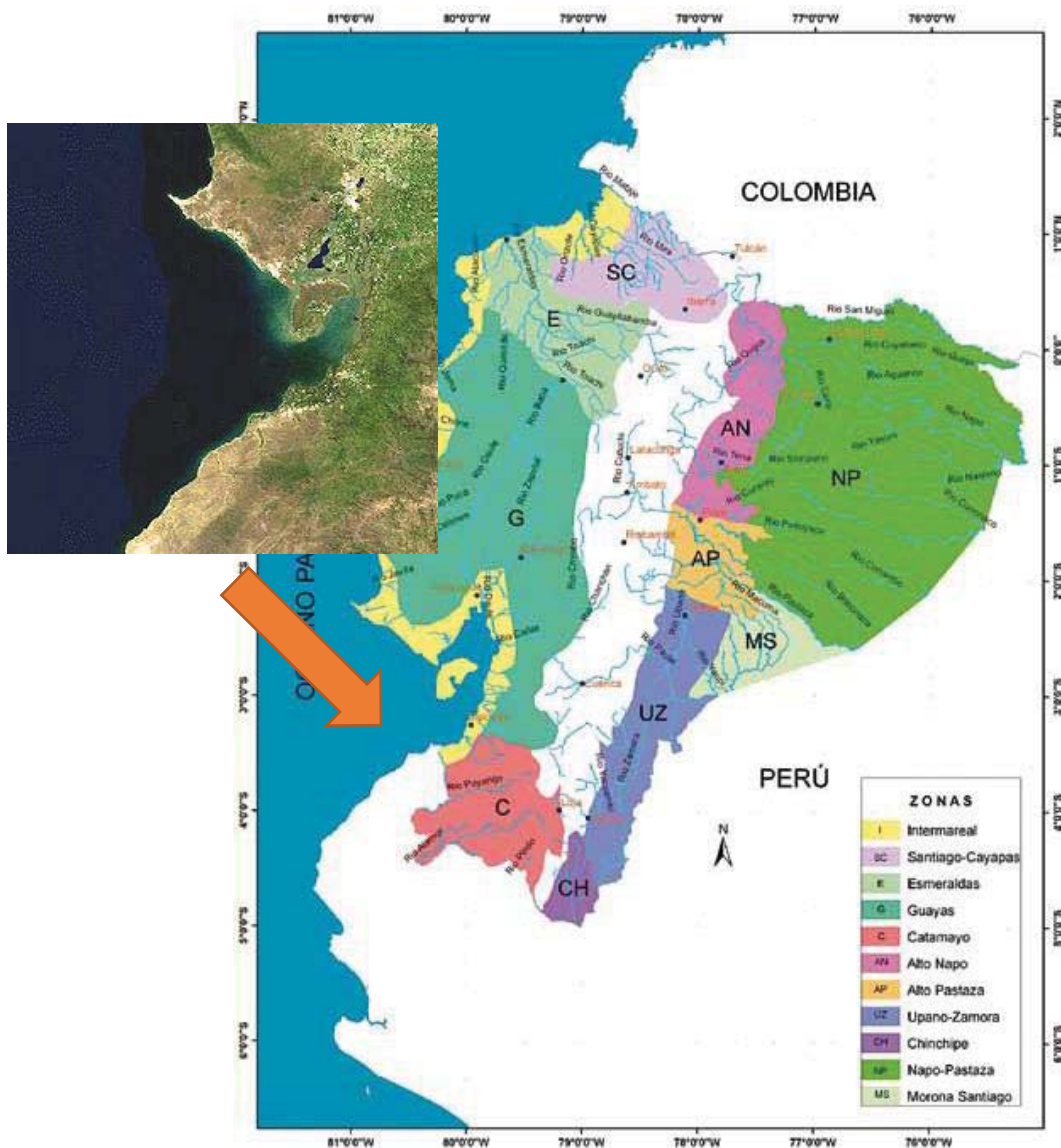


Figura 1.9. Zonas ictiográficas de Ecuador.

En la Figura 1.9 se muestran las diferentes zonas ictiográficas de Ecuador y se concreta el ámbito del estudio en la **Cuenca Hidrográfica de Guayas (G)** descrita por Barrigas (2012) del siguiente modo: *“Al norte limita con los ramales de la cordillera de Chindul y una prolongación baja de la cordillera occidental, al sur con el río Jubones, al occidente con el límite intermareal que alcanza la ciudad de Babahoyo y al oriente con los cursos de agua localizados hasta los 2800 msnm que nacen en las provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi y Bolívar. La temperatura del agua varía entre 18°C y 28°C y el pH de 6,7 a 7,8. La extensión alcanza los 56.050 Km². Las principales subcuencas de esta zona son: Toachi, Quevedo, Baba, Daule, Vinces, Babahoyo, Balao, Taura y Jubones. Entre las ciudades importantes están: Balzar, Quevedo, Vinces, Milagro, Daule, Naranjal, Machala, Santa Rosa y Pasaje”.*

La Cuenca Hidrográfica de Guayas está ampliamente descrita por Montaña *et al.* (2008) y dicho ecosistema está conformado por tres elementos clave: el **Golfo de Guayaquil (GG)** es la zona de drenaje de las cuencas hidrográficas y abarca una extensión de 13.711 km². El **Estuario del Río Guayas (ERG)** que comienza en la Isla Puná y se extiende hasta donde llega el influjo de la marea y la salinidad, es decir, hasta unos 100 km dentro del continente por los ríos Babahoyo y Daule. El autor indica que el estuario se encuentra virgen a la espera del desarrollo y aplicaciones de todas las ramas del conocimiento y la ingeniería. Constituye un ecosistema único, de gran valor para la biodiversidad, pero con un elevado grado de vulnerabilidad y precisa ese impulso multidisciplinar y transversal para conservarlo y desarrollarlo de modo equilibrado. En la modelización hidrográfica del Guayas del MAGAP se indica que el ERG se caracteriza por su gran actividad agrícola, ganadera, forestal, acuicultura, pesca, que la ubica como el mayor centro de producción de bienes agropecuarios a nivel nacional. El ecosistema Guayas según Montaña *et al.* (2008) se le denomina el Nilo del Pacífico debido a su riqueza. Finalmente, la **Cuenca del Río Guayas (CRG)**, constituida por las captaciones de los ríos Daule, Vinces y Babahoyo con sus respectivos afluentes que desembocan al norte de la ciudad de Guayaquil. Está conformada por siete subcuencas cuya red de drenaje nacen en las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes y en la vertiente oriental de la Cordillera Costanera Chongón-Colonche que conforman los ríos Daule y Babahoyo, los cuales unen sus caudales antes de la ciudad de Guayaquil dando origen al Río Guayas el cual tiene

una longitud de 93km desde La Puntilla en la provincia del Guayas hasta Punta Arenas en la Isla Puná (estuario) para desembocar al Océano Pacífico en el Golfo de Guayaquil (INOCAR, 2010).

El clima en la zona está influenciado por tres factores:

- La circulación atmosférica continental.
- El Océano Pacífico con los efectos de las corrientes marinas (fría de Humboldt y cálida del Niño) regulan el clima.
- La cordillera andina que encauzan las masas de humedad.

Tapias (2012) indica que, debido a estos factores, en la región litoral o costa, se caracteriza por tener una marcada estacionalidad que provoca un desbalance de precipitaciones. De enero a mayo es la estación lluviosa o “invierno”, produciéndose inundaciones durante largos períodos; y de junio a diciembre es la estación seca o “verano” caracterizada por la escasez de lluvias entre septiembre y octubre (garúas). En la cuenca del Guayas encontramos 16 zonas climáticas que van desde menos de 500 mm (seca) a más de 3,000 mm (lluviosa); y las temperaturas medias mensuales que varía de 4°C (alta montaña) a más de 22°C (megatérmico) (CLIRSEN, 2009).

5.1. La provincia de Los Ríos

La provincia de Los Ríos está ubicada en la región de las tierras bajas o litoral, entre el Océano Pacífico y la cordillera de los Andes. En el Litoral ecuatoriano se encuentran numerosos afluentes, lo que favorece la fertilidad del suelo. La capacidad hídrica puede ser aprovechada por diferentes propósitos, entre ellos la piscicultura.

La provincia de Los Ríos está dentro de la cuenca del río Guayas, con una extensa red fluvial, cuyos ríos nacen en la ladera occidental de la Cordillera de Los Andes, siendo uno de los principales el río Babahoyo cuyos afluentes principales son los ríos Caracol y San Pablo. Antes de unirse con el Daule y formar el Guayas, el río Babahoyo recibe otros afluentes que son el Vinces, Pueblo Viejo, Zapotal y Yaguachi (Explored, 1994) (Figura 1.10).

Tabla 1.7. Especies nativas que se encuentran en las cuencas y subcuencas de la provincia de los Ríos.

Familia	Nombre científico	Nombre vulgar
Anostomidae	<i>Leporinus ecuadoriensis</i>	Ratón
Cetopsidae	<i>Cetopsogiton occidentalis</i>	Ciego
	<i>Rhamdia cinerascens</i>	Barbudo
Curimatidae	<i>Curimatorbis boulengeri</i>	Dica
Characidae	<i>Brycon dentex</i>	Dama
Cichlidae	<i>Aequidens rivulatus</i>	Vieja azul
	<i>Cichlasoma festae</i>	Vieja colorada
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia negra
Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche
Eleotridae	<i>Eletris (picta)</i>	Guabina
Gobiidae	<i>Dormitator latifrons</i>	Chame
Loricariidae	<i>Plecostomus spinosissimus</i>	Campeche
Prochilodontidae	<i>Ichthyolephas humeralis</i>	Bocachico
Centropomidae	<i>Centropomus (unionenses)</i>	Róbalo
Pimelodidae	<i>Pimelodella spp</i>	Chillo
Sciaenidae	<i>Cynoscion altipinnis</i>	Corvina

Tabla 1. 8. Especies nativas silvestres más consumidas por la población.

Nombre común	Nombre científico	Ubicación *
Bocachico	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	LR-G-M -E-O-SD
Vieja Colorada	<i>Cichlasoma festae</i>	LR-G-M -E-O-SD
Vieja Azul	<i>Andinocara rivulatus</i>	LR-G-M -E-O-SD
Chame	<i>Dormitator latinfrons</i>	M -E-O-SD -LR-G
Dica	<i>Curimatorbis boulengeri</i>	LR-G-M -E-O-SD
Dama	<i>Brycon dentex</i>	LR-G-M -E-O-SD
Barbudo	<i>Rhamdia cinerascens</i>	LR-G-M -E-O-SD
Robalo	<i>Centropomus spp.</i>	LR-G-M -E-O-SD
Sabalo	<i>Brycon spp</i>	G- LR-M -E-O-SD
Ratón	<i>Leporinos ecuadoriensis</i>	LR-G-M -E-O-SD
Paiche	<i>Arapaima gigas</i>	ZN
Cachama Negra	<i>Colossoma macropomum</i>	ZN
Cachma Blanca	<i>Piaractus brachypomus</i>	ZN

*G Guayas, M Manabí, LR Los Ríos, O El oro, SD Santo Domingo, E Esmeraldas, ZN Zona Oriental

El clima es tropical con un periodo seco desde junio a diciembre y una temperatura que oscila entre 20 y 30°C. Las condiciones edafoclimáticas de la zona son favorables para la producción de diferentes cultivos y la temperatura del agua favorece el crecimiento de las especies de peces de aguas tropicales.

La población de la provincia de Los Ríos es 700 mil habitantes y 50% es de carácter rural. Económicamente destaca por la producción de cacao, maíz duro, soja y banano,

asimismo adquiere especial relevancia en la producción de arroz, frejol seco y palma africana. Desde el punto de vista social, el nivel de pobreza es elevado (49%) e incluye atributos como indigencia, desigualdad y desnutrición infantil. El 14% de la población activa de la Costa o Litoral (Zona 5) se dedica a la actividad agrícola, destacando la producción acuícola.

La actividad piscícola se encuentra en zonas marginales y de alta vulnerabilidad medioambiental y se encuentra en la actualidad en distintos enclaves en situación crítica debido a diferentes factores; como la pesca con prácticas inadecuadas, uso abusivo de insecticidas y herbicidas, problemas de contaminación e ineficiente gestión de políticas. La **Tabla 1.9** muestra el tamaño medio de los ejemplares y la frecuencia de capturas, poniendo de manifiesto la situación crítica en la que se encuentran algunas especies y de modo particular la vieja colorada que no aparece en el inventario (Barriga, 2012), a pesar de existir una demanda importante.

Tabla 1.9. Frecuencia de capturas y longitudes.

Especie	Ejemplares analizados	Longitudes (cm)		
		Promedio	Máxima	Mínima
Dama	683	23.7	37	14
Dicha	1562	17.3	28	12
Guachinche	177	29	20	39
Ratón	451	23.5	42	16
Bocachico	365	21.6	32	13
Barbudo	142	28	37	21
Campestre	155	22.4	57	15
Ciego	73	26.9	37	16
Vieja azul	163	16.2	26	10

Por todo esto, es un momento fundamental para valorizar y conservar las especies nativas de los ríos de Ecuador y favorecer sus beneficios ambientales, su valor de futuro, de legado y de existencia (García *et al.*, 2014). Para ello, Murillo *et al.* (2015) consideran necesario fomentar los centros de capacitación, donde se ofrezca formación y asistencia técnica a los piscicultores. La producción piscícola en la provincia ha surgido como una alternativa en fincas dedicadas a otras producciones, aunque sin disponer de la tecnología adecuada para la producción acuícola. Las producciones existentes se inician en base a la curiosidad de los interesados, pero al mismo tiempo con

desconfianza en la efectividad de la producción por falta de asesoramiento tecnológico que garantice la viabilidad de los proyectos.

En la Provincia de Los Ríos se tienen registradas las siguientes cooperativas (Tabla 1.10) de pescadores que normalmente son de pequeña escala, por lo que el sector de la pesca y la acuicultura no supone una amenaza importante para el medio y contribuye al sustento a un número importante de familias.

Tabla 1.10. Cooperativas y Acuicultores de la provincia de los Ríos.

Nombre de Gremios Pesqueros	Número de socios
Cooperativa Bella Diana	20
Cooperativa Rosa Diana	16
Cooperativa pesquera Nueva Unión	12
Cooperativa pesquera Higuerones	123
Cooperativa pesquera Unidos Somos Más	20
Cooperativa pesquera Odisea	18
Cooperativa pesquera Babahoyo	20
Cooperativa pesquera Santa Rita	18
Cooperativa pesquera Voluntad de Dios	11
Asociación río Quevedo	24
Asociación de pescadores Bella Vista	38
Asociación de pescadores 28 de diciembre	60
Asociación pesquera Los Anzueleros	120
Asociación pesquera Flor de Los Ríos	25
Asociación pesquera Baba	35
Asociación pesquera Los Delfines	20
Asociación pesquera Vincés	33
TOTAL	613

Entre las especies nativas con más capturas para su comercialización están: Bocachico (*ichthyoelephas humeralis*), Chame (*Dormitator latifrons*), Dama (*Brycon dentex*), Ratón (*Leporinus ecuadoriensis*), Vieja Azul (*Andinocaras rivulatus*), Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), Guanchiche (*Hoplias microlepis*), Dica (*Curimatorbis boulengeri*), Barbudo (*Rhamdia cinerascens*), Campeche (*Plecostomus spinosissimus*).

De estas especies, las más apreciadas por los consumidores son el Bocachico, la Vieja Colorada y la Vieja Azul (González *et al.*, 2016; Rodríguez *et al.*, 2017), que son capturadas en ríos, pozas y represas, siendo su mayor consumo por su sabor y por la garantía de inocuidad las especies cultivadas en criaderos, aunque sin desestimar el resto de especies nativas consumidas por la población.

Jimenez-Prado *et al.* (2015) indican respecto a los **endemismos acuícolas** en Ecuador que la sucesión de eventos transformadores del clima y el relieve de las cuencas de

Ecuador son factores que explicarían su gran diversidad; pero también su elevada especificidad, ya que presenta múltiples accidentes geográficos en espacios reducidos con grandes diferencias de altura, imponen barreras que concentraron la competencia y potencian la existencia de endemismo de distintas especies (Tabla 1.11).

Tabla 1. 11. Diversidad y endemismo de peces en la vertiente occidental de Ecuador.

Cuenca	Número de especies presentes	Número de especies endémicas	Porcentaje en la cuenca	Porcentaje en la región	Porcentaje en la vertiente
San Juan y Mira-Mataje	33	5	15,2	5,9	4,5
Santiago-Cayapas	62	15	24,2	17,6	13,4
Esmeraldas	65	17	26,2	20,0	15,2
Total región Norte	85	25	29,4	-	22,3
Guayas	70	24	34,3	31,2	21,4
Santa Rosa	32	5	15,6	6,5	4,5
Catamayo	23	2	8,7	2,6	1,8
Total región Sur	77	26	33,8	-	23,2
Total	112	43	38,4	-	38,4

La otra cara de la conservación es la **situación de riesgo** en la que se clasifican distintas especies nativas endémicas de Ecuador. Revenga *et al.* (1998), estimaron que el 20% de los peces de agua dulce del mundo estaban en categoría vulnerable, en peligro o extinta. Los principales factores de riesgo para la biodiversidad acuícola fueron descritos por IUCN:

- la modificación, fragmentación y destrucción de hábitats. Caso de la extensión de la producción de Palma Africana, Banano, Cacao, minería extractiva a cielo abierto, etc.
- la introducción de especies invasivas,
- la sobreexplotación pesquera,
- la contaminación ambiental,
- las prácticas forestales,

- la pérdida de continuidad ecológica en los ríos y el cambio climático.

Además de estos factores clásicos García *et al.* (2015) indica que la competencia con otras actividades por el uso de la tierra y el factor agua desplaza la piscicultura. Esto, junto con las carencias de conocimiento aplicado (*knowledge actionable*) que hemos señalado anteriormente, hace que los productores opten por especies conocidas (foráneas e híbridos generalmente) frente a la implantación de la cría de especies nativas, con una gran brecha de conocimiento en cuanto a su funcionamiento, adaptabilidad y uso de tecnologías, características propias que le confieren mayor vulnerabilidad ante shocks de mercado.

Anuncian los pescadores en la carretera...

“Cinco dólares una sota de vieja colorada”



Figura 1.11. Vieja colorada, y Vieja Azul en Ecuador.

6. *Cichlasoma festae* (Boulenger, 1899)

La **Vieja Colorada** o *Cichlasoma festae* (Boulenger, 1899) es un pez teleósteo, de aguas cálidas de la familia cichlidae (Luna-Figueroa, 2000) su cultivo en cautiverio ha sido a nivel de acuario ornamental y no se conoce la curva de crecimiento, y la eficiencia nutritiva.

La *Cichlasoma festae* muestra carne blanca y excelente sabor muy conocida y apetecida por la población (Barnhill *et al.*, 1973, González *et al.*, 2016). La vieja colorada es nativa de la zona continental de América del sur, con alta presencia en Ecuador, se encuentra entre las nueve especies de importancia comercial que habitan las aguas continentales de Ecuador, Colombia y Perú (Revelo y Elías, 2004). González *et al.* (2017) describen de modo experimental la calidad de la carne de la vieja colorada y hace una comparación de la calidad de los animales criados en cautividad frente a los obtenidos de los ríos mediante pesca.

Debido al escaso conocimiento de la especie, son aún desconocidos los requerimientos nutricionales de la especie, por lo que no existen en el mercado dietas o piensos formulados específicos para la *Cichlasoma festae*, considerando que es fundamental el uso de alimento de buena calidad, en cantidades adecuadas y formulaciones especialmente diseñadas para la especie objetivo, no obstante, los piensos existentes formulados para peces omnívoros similares (Tilapia fundamentalmente), posibilitan la realización de trabajos experimentales.

Los esfuerzos de domesticación de especies nativas tienen ventajas intrínsecas que incluyen la generación de conocimiento y el desarrollo de capacidades locales que permiten una mayor independencia de la aplicación de tecnología exógena; el 75% de la producción acuícola regional se ha logrado únicamente con especies foráneas (tilapias), que han alterado el ecosistema natural de la región, ya sea desplazando a las especies nativas o siendo sus depredadores, además de que existe la posibilidad de que estas especies foráneas actúen como portadoras de patógenos no específicos. La introducción de las diferentes especies de tilapias, en los años 60 en Latinoamérica, ha sido el motivo para que las especies como la vieja colorada (*Cichlasoma festae*) y otras especies nativas con importancia alimentaria humana y animal en los países de la región sean desconocidas en los mercados nacionales o regionales, lo que le hace poco atractivo a la

industria y poco visible para el apoyo gubernamental.

Es urgente la realización de distintos trabajos de investigación que determinen el comportamiento de la especie, su estado de conservación, que en distintas cuencas y ríos ya se considera crítico, su caracterización, los requerimientos nutricionales de las especies piscícolas nativas de interés zootécnico en la región, etc. Todo ello permitirá el desarrollo de diferentes tecnologías de cultivo de las especies autóctonas con potencial de producción de proteína, a fin de satisfacer la demanda y disminuir la importación de especies y tecnologías de dudosa efectividad en el área; a la vez que mejora el posicionamiento de la especie como motor de desarrollo endógeno ante el diseño de políticas públicas que apuesten por los recursos del territorio.

7. Especies invasivas: la tilapia

La especie foránea de más amplia implantación tanto a nivel de criadero como a nivel de cría natural es la Tilapia y sus híbridos, constituyendo un competidor de primer orden por su alto índice de transformación, su fortaleza y su viabilidad, además de ser la especie de interés para competir en mercados externos, la más estudiada por el mundo científico y las universidades de Ecuador.

La tilapia es una especie originaria de África, pertenece a la familia de los cíclidos, y su cultivo se ha expandido por todo el mundo, debido a su bajo costo de producción con una conversión alimenticia de 1.4. La tilapia alcanza tamaño comercial de 450 y 700 gramos entre los 6 y 9 meses después de la etapa de alevín. La tilapia roja (*Oreochromis roja*), la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y los híbridos son los más utilizados por los productores; tanto para el consumo interno como la exportación de filetes congelados

Aguilar (2010) indica ventajas competitivas y adaptativas de la tilapia que justifican su rápida expansión:

- Crecimiento rápido
- Amplio rango de tolerancia a condiciones ambientales extremas, tanto que temperatura, salinidad, bajo oxígeno disuelto, resistencia al estrés y a las enfermedades,

- Gran capacidad para reproducirse en cautiverio. Asimismo, tienen capacidad de reproducirse con especies nativas.
- Son depredadores naturales de especies nativas

La introducción de especies invasoras es ampliamente considerada como una de las principales causas de **extinción de las especies nativas** (Claudi and Leach, 1999; Harrison and Stiasny., 1999; Sala *et al*, 2000). De hecho, las especies invasoras son consideradas como la segunda causa de extinción de especies y puesta en peligro en todo el mundo, después de la destrucción del hábitat. Williams *et al.* (1989) indica que contribuyen activamente a la extinción de especies nativas en más del 70% de los casos recogidos en América de Norte, Australia y Nueva Zelanda. Hechos similares son descritos por Contreras-Balderas *et al.* (2002) en México y Wager y Jackson (1993) en Australia.

Las especies invasoras generalmente reducen la abundancia de especies de aguas continentales nativas a través de la depredación, la hibridación, parasitismo, o la competencia, y puede alterar la estructura de la comunidad y de los ecosistemas, tales como los procesos, el ciclo de nutrientes y el flujo de energía o, en el caso de las plantas invasoras, el régimen hidrológico de un particular, aguas continentales, ecosistema acuático (Arthington, 1991; Bunn *et al.*, 1997, 1998).

8. Perspectivas de investigación y futuro en la provincia de los Ríos

La **caracterización de los recursos zoogenéticos** comprende todas las actividades asociadas con la identificación, descripción cuantitativa y cualitativa, y documentación de las poblaciones de la raza, así como su hábitat natural y los sistemas de producción a los que estén o no adaptados. El compromiso actual es obtener un mejor conocimiento de los recursos zoogenéticos y potencial futuro en la alimentación y la agricultura en entornos definidos, y su estado actual como poblaciones de razas diferenciadas (FAO, 1984; Rege, 1992).

Hasta la actualidad la vieja colorada (*Cichlasoma festae*) no ha sido considerada en las investigaciones ni con visión comercial, ni a la conservación ni el mantenimiento de ecosistemas. Por lo que es necesario avanzar en el conocimiento de esta especie a través de la investigación que permita el desarrollo de metodologías de manejo,

alimentación, reproducción, crecimiento, sanidad, impacto ambiental y calidad de la carne para estar en condiciones de producir semilla en cantidad y calidad adecuada, dietas específicas para las diferentes etapas, conocer y controlar las enfermedades, y así, conseguir que el cultivo sea económica y técnicamente viable, y rescatar de la destrucción al ecosistema. La caracterización de la *Cichlasoma festae* contribuirá a incorporar a la especie nativa, a el desarrollo de los pequeños y medianos productores de la región al poner al alcance de ellos una nueva especie probada y una tecnología para la explotación de la *Cichlasoma festae*., especie que por sus características debe ser integrada en sistemas de producción en cautiverio, y así encontrar alternativas de producción de carne de pescado para la alimentación humana y animal; a pesar de que la carne de *Cichlasoma festae* es muy apetecida por la población, es necesario, conocer la calidad de la carne cuya composición química de los peces tiene variaciones entre las diferentes especies y entre individuos de una misma especie dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente, estación del año y tipo de alimentación.

La composición química y los porcentajes somáticos de los peces depende de su alimentación, ya sea esta natural, artificial o mixta, y su característica organoléptica, el olor y sabor principalmente dependerá del sistema de cultivo sea en tierra o estanques revestidos o jaulas; la fracción lipídica es el componente que muestra la mayor variación, dentro de ciertas especies presentan una curva estacional característica con un mínimo cuando se acerca la época de desove, la fracción proteica es bastante constante en la mayoría de las especies, sin embargo, se han observado variaciones, como la reducción de proteínas en salmón durante largas migraciones por desove (Ando *et al.*, 1985 b., Ando y Hatano, 1986) y en el bacalao del Báltico durante la estación de desove, que para estas especies se extiende desde enero hasta junio/julio (Borresen, 1992).

Es necesario valorar la importancia económica, social y tecnológica de la carne de pescado y gestionar de forma integral los agronegocios desde la producción, la industrialización y la comercialización de los productos y subproductos. Esto debe ir acompañado de un programa de mejora genética de especies nativas para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria del país.

8.1. Retos y desafíos

Diferentes instituciones del estado como el Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca, la prefectura de la Provincia de Los Ríos, la Universidad Técnica de Babahoyo y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, están comprometidas con el desarrollo de la piscicultura en la provincia de los Ríos, potenciando las especies nativas y los sistemas de cultivo de las especies introducidas. El Ministerio de Acuicultura y Pesca en convenio con la Universidad Técnica de Babahoyo, mantienen en funcionamiento la estación piscícola Cacharí destinada a la reproducción de especies nativas como la vieja azul, vieja colorada, chame, entre otras especies nativas. El objetivo de la estación es realizar investigaciones en las especies nativas e introducidas y producir alevines para proveer a los interesados en el cultivo de peces. Por otra parte, la prefectura de la provincia de los Ríos viene llevando a cabo el proyecto de capacitación y entrega de alevines a las comunidades rurales para que a través de la práctica adquieran los conocimientos que le permitan iniciar un emprendimiento de producción de tilapias (Figura 1.12).



Figura 1.12. Diseño experimental del Proyecto FOCICYT-UTEQ en Quevedo.

La prefectura de los Ríos hasta el momento ha construido 103 proyectos piscícolas; son muchos los sectores favorecidos con semillas de tilapias para cría y engorde, ofertando una nueva alternativa para que los campesinos no dependan solo de la siembra de arroz u otro cultivo, el objetivo principal es que la población rural produzca proteína de excelente calidad para su alimentación y que el excedente de producción lo comercialice y así incremente sus ingresos económicos.

La producción de alevines de especies nativas se realiza en la estación Cacharí, perteneciente a la Subsecretaría de Acuicultura en convenio con la Universidad de Babahoyo. Uno de los grandes problemas del sector es que la producción de alevines (la fase de reproducción) y la conservación de las especies nativas está limitada a la producción existente en los ríos y las represas de manera silvestre. Actualmente, las investigaciones están en proceso de gestación por organismos universitarios y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, se encuentran esporádicamente a piscicultores interesados en las especies nativas. Es el caso de la finca el Peñón ubicada en el cantón Quinsaloma, que con la participación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), oferta alevines de la especie vieja colorada

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA-ESPAÑA
PROMETEO SENESCYT**



ESTAMOS INVESTIGANDO A LA ESPECIE NATIVA VIEJA COLORADA (CICLASOMA FESTAE), PARA INCORPORARLA COMO APORTANTE DE PROTEÍNA DE ALTA CALIDAD PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA.



La Vieja colorada, de carne blanca y excelente sabor, es muy conocida y apetecida por la población (Barnhill,B.et al,1973).

PRONTO TE DIREMOS:

- ¿Como se reproduce?
- ¿Como obtener las crías?
- ¿Cuál es el mejor alimento para su desarrollo?
- ¿Como debemos alimentarla?
- ¿Cuanto crece y en qué tiempo?
- ¿Cuál es su rentabilidad?

**ESTAMOS TRABAJANDO POR
LA SOBERANÍA Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA.**

Por siempre **UTEQ**

Capítulo 2



Universidad Técnica Estatal de Quevedo
FOCICYT
PROYECTO:

CRECIMIENTO DE PECES CONTINENTALES NATIVOS Y EXÓTICOS EN EL SISTEMA BIOFLOC. EFECTO DEL BIOFLOC EN EL CRECIMIENTO.
EJECUTA: FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
Red de Investigación y Desarrollo en Producciones Alternativas-Acuicultura



2015 - 2016

DIRECTOR DE PROYECTO
Jorge Rodríguez

INVESTIGADORES
Marlene Medina
Martín González
Tito Arguello

ACOMPANAMIENTO CIENTÍFICO
UCO-ESPAÑA; UNILLANOS-COLOMBIA;
ESPAM-UTB, MAGAP-ECUADOR.

ASESOR CIENTÍFICO
Dr. Antón García Martínez

Diseño: DGM - Unidad de TIC'S

CAPITULO 2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA

1. Características de la producción piscícola. Estudio experimental.

La producción acuícola contribuye con el cincuenta por ciento de la necesidad de proteína en el mundo a partir del cultivo y pesca de moluscos, crustáceos y peces. La piscicultura es una fuente de proteína de excelente calidad para la alimentación humana y para la elaboración de alimento para otras especies animales de interés zootécnico. La piscicultura actualmente es uno de los renglones agropecuarios más importantes en el mundo, la oferta de pesca de los mares y ríos ha llegado a su tope de 90 millones de toneladas y en la actualidad más del 47% de la oferta mundial de productos pesqueros de consumo se producen a partir de la acuicultura (Rodríguez *et al.*, 2015).

Los datos de la FAO (2014) indican que la pesca extractiva contribuye a la alimentación con 90 toneladas por año y se considera que se han alcanzado niveles cercanos a la máxima capacidad productiva de estos recursos. Por otra parte, la producción proveniente de la cría de peces en cautiverio aporta 70 millones de toneladas a la demanda creciente de carne de pescado que se estima que en 2025 alcanzará los 25 millones de toneladas de carne de pescado sobre la cantidad de la producción actual.

El sector atraviesa una crisis de rentabilidad, independientemente de su alto potencial y su elevada demanda, al igual que existe con otras producciones ganaderas alternativas. Esta falta de viabilidad es debida fundamentalmente, en el caso de los países desarrollados, por sus elevados costes de producción, con el consiguiente retroceso de los sistemas intensivos. Otros factores internos que debilitan al sector son su falta de organización y planificación, hecho muy visible en los países en desarrollo. Además de estos problemas internos y los generados por la volatilidad de los precios; se le suma de modo estructural un nivel de desconocimiento técnico muy elevado lo que limita un crecimiento sostenido. Por otra parte, al igual que en otros sectores ganaderos se diseñan políticas y planes de desarrollo al margen de los agentes que conforman el sector e independientemente de la factibilidad técnica y económica de los emprendimientos y de las interrelaciones existentes entre las actividades y las *trade offs* generadas (Murillo *et al.*, 2015).

La actividad piscícola que desarrollan los productores de pequeña escala con economías marginales y en muchos casos de subsistencia, tiene varios atributos que se exponen brevemente y que van a conformar la idoneidad y viabilidad del sistema productivo y por ende del emprendimiento.

La acuicultura, al igual que la producción ganadera en Latinoamérica, Asia, Cuenca Mediterránea y África, responde a un **sistema multifuncional** que convive e interactúa con otras actividades y no se entiende sin esta visión **sistémica** descrita en el capítulo 1 del manuscrito (**Tabla 2.1**). El conocimiento del ecosistema no es sólo una oportunidad estratégica sino una necesidad para los productores que conforman estos sistemas y buscan alcanzar una producción **sostenible**, tal y como se reproduce en otros sistemas ganaderos; caso bovino de doble propósito (Torres *et al.*, 2015), el caso de cereal-ovino en Castilla la Mancha (Rangel *et al.*, 2015), ovino-porcino en dehesa (Gaspar *et al.*, 2015). Estos sistemas ganaderos presentan una serie de características:

- Tienden a disminuir el riesgo de un monocultivo en mercados inestables, volátiles y dónde el sector muestra escaso poder de negociación (Seguridad económica).
- Buscan disminuir el riesgo con bajas inversiones ante grandes turbulencias y desastres ambientales (Seguridad técnica).
- Tienen como objetivo básico contribuir a la producción de alimentos de alto valor nutricional, fundamentalmente proteína animal; tanto para las familias como para las poblaciones rurales existentes en la zona (Seguridad alimentaria).
- Este tipo de sistema aprovecha las interacciones positivas existentes entre actividades (Sinergias).

A tenor de lo expuesto los sistemas deben buscar una **producción integrada** dentro del contexto de la zona y los recursos naturales existente de modo que el modelo productivo encaje como una realidad en el concepto de economía circular. En este sentido el MAGRAMA (2011) publica una obra “la diversificación en acuicultura: Una herramienta para la sostenibilidad”, dónde su título hace un resumen conceptual y se relaciona el grado de diversificación con el nivel de sostenibilidad de los sistemas. Por otra parte a partir del

informe de la FAO (2011) se muestran casos de éxito de producción integrada en diferentes países (Tabla 2.1.).

Tabla 2. 1. Casos de éxito de producción integrada.

Localización	Producción	Características
Alemania (Baviera)	Carpas-ganadería Agricultura	Consumo de peces Almacenamiento agua Agricultura
Bangladesh	Arroz-Peces	Disminuye uso fertilizantes Control de malezas Producción de alimentos
África	Acuicultura-Irrigación	Irrigación de cultivos y su fertilización Producción de alimentos
Madagascar	Producción de alevines Engorde con agricultura	Especialización productiva por fases Engorde rotativo
Vietnam	Sistema VAC	Granjas hortícolas, ganadería y agricultura

Además de ser una producción integrada muestra un **carácter poliédrico o tridimensional**, dado los diferentes estratos productivos de los estanques. El primer nicho trófico aparece en la capa superior de estanque (acuaponía y producción vegetal) que podrían combinarse con restantes especies, similar a la distribución del espacio que se hace en un acuario ornamental. Este concepto tiene gran interés en la acuicultura, ya que se relacionan dos variables productivas: El espacio útil disponible y la densidad de cría. Normalmente la densidad se calcula sobre un volumen total de agua y se supone que todo constituye “superficie útil” e ignorando la distribución de la especie y las zonas de preferencia. Del mismo modo que los siluros se distribuyen en las partes bajas de los estanques la vieja prefiere las zonas superficiales, etc. La combinación de diferentes especies en el mismo espacio es definida por diferentes autores como **producción multitrófica integrada (IMTA)**.

Al repasar casos de éxito y fracaso en acuicultura en las diferentes fuentes; tanto la bibliografía especializada, como los programas marco en acuicultura se observa que son coincidentes en la necesidad de profundizar en el **grado de conocimiento de los ecosistemas**, aportando una **visión holística** y ha de tener un reflejo concreto en la formación de los técnicos como garantes de éxito de la transferencia de los resultados a la hora de proponer sistemas, tecnologías apropiadas y especies viables. El conocimiento abarca desde la especie, las fases de producción, los mercados y las necesidades de capital. Este conocimiento del

ecosistema es la piedra angular, porque además los ecosistemas son heterogéneos, diversos y **muy flexibles**, por lo que admiten muchas variaciones técnicas, operativas y estratégicas de acuerdo a los cambios internos y externos.

De acuerdo a la FAO (2011) las **unidades demostrativas** son muy útiles y esenciales en este tipo de producción novedosa, donde es preciso trasladar el conocimiento mediante el manejo directo del sistema como herramienta de aprendizaje de su funcionamiento; tanto el del agua como de los animales. El esquema de aprendizaje según proponen distintos autores, especialmente en el caso de producciones alternativas, se fundamenta en el método del caso de Harvard

La determinación de la viabilidad de un emprendimiento, de una innovación o de un sector ganadero viene precedido por el estudio experimental de la especie (Figura 2.1). Ello nos facilita cierto grado del conocimiento real del sistema y la propuesta de acciones innovadoras a través, generalmente, de unidades demostrativas.

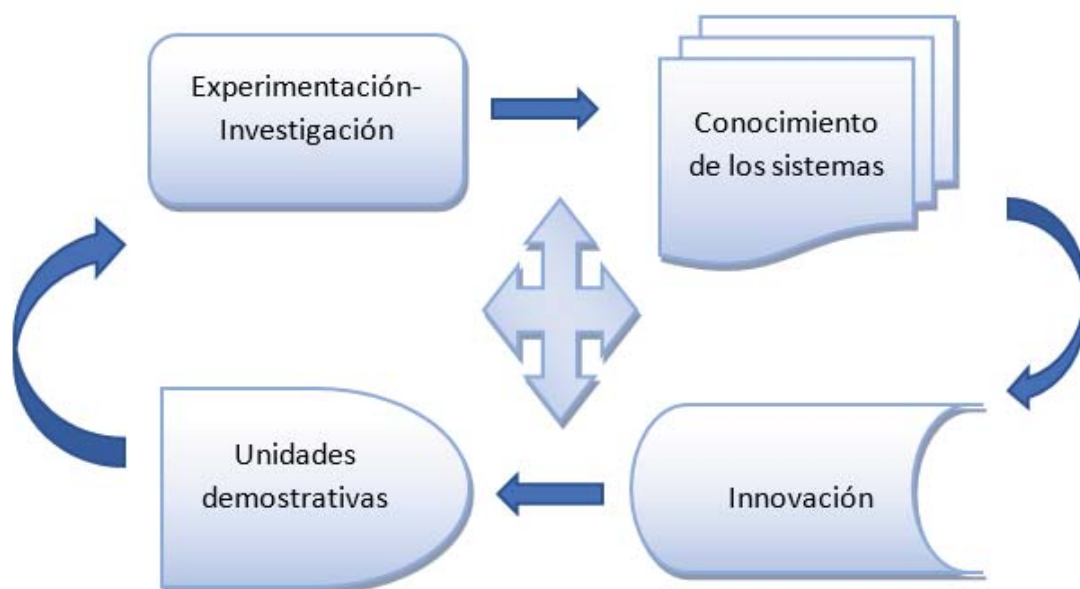


Figura 2. 1. Investigación, conocimiento e innovación en acuicultura.

Tras la experiencia acumulada en acuicultura y en producción animal; y la revisión bibliográfica realizada, se percibe: Por un lado, la imposibilidad de aplicar de modo directo gran parte de las medidas propuestas y por otro, la falta de factibilidad directa, en nuestro entorno, de las tecnologías recomendadas y recogidas en la bibliografía. Este hecho es repetitivo en las diferentes actividades ganaderas (doble propósito, producción de traspatio,

etc.) dónde la circunstancia de que el papel y la hoja de cálculo soporten las distintas estrategias no conlleva el éxito del emprendimiento y tras su inicio ya se observa la dificultad de trasponer a la realidad muchos de los conocimientos existentes. Un fracaso viene antecedido frecuentemente, por un desencanto entre los datos publicados y la cruda realidad, lo que pone de manifiesto la necesidad urgente de realizar investigación aplicada al entorno y donde la formación de técnicos debe ocupar un papel prioritario en los procesos de investigación-enseñanza tal y como indica la UE.

En la Figura 2.2. se muestra la secuencia de etapas de estudio que debe realizarse en una producción alternativa para alcanzar un nivel adecuado de viabilidad en sus distintas dimensiones. El conocimiento de una nueva especie, parte inicialmente con el conocimiento del crecimiento de la especie para luego profundizar en sus requerimientos nutricionales, reproducción, y a continuación el dimensionamiento del emprendimiento y el análisis económico y financiero del sector.

Algunos productores quieren empezar por “la reproducción” o “generando un nuevo pienso de rápido crecimiento y bajo coste”, objetivos loables, pero de difícil consecución en un principio. Nuestra experiencia, aunque plagada de errores, nos lleva a desaconsejar ese camino y orientarlos a recorridos más factibles. En el área de producción animal se trabaja mayoritariamente con mamíferos y animales que filogenéticamente están muy próximos a nosotros en su comportamiento y su respuesta. En animales alejados como los caracoles o los peces, la reproducción es un gran desconocido, donde falta por conocer lo más básico. En muchos casos son hermafroditas o la diferenciación sexual surge tras el crecimiento y dependiendo de una serie de factores bióticos, abióticos y grupales que condicionan la elección del sexo. Todavía queda mucho recorrido antes de establecer sus requerimientos nutricionales o su proceso reproductivo. La producción industrial se basa frecuentemente en la captura de alevines salvajes que se crían en cautividad en procesos, más o menos, estandarizados. Esta situación se repite en los distintos sectores alternativos. Esta situación con sus limitaciones constituye nuestro punto de partida en investigación.

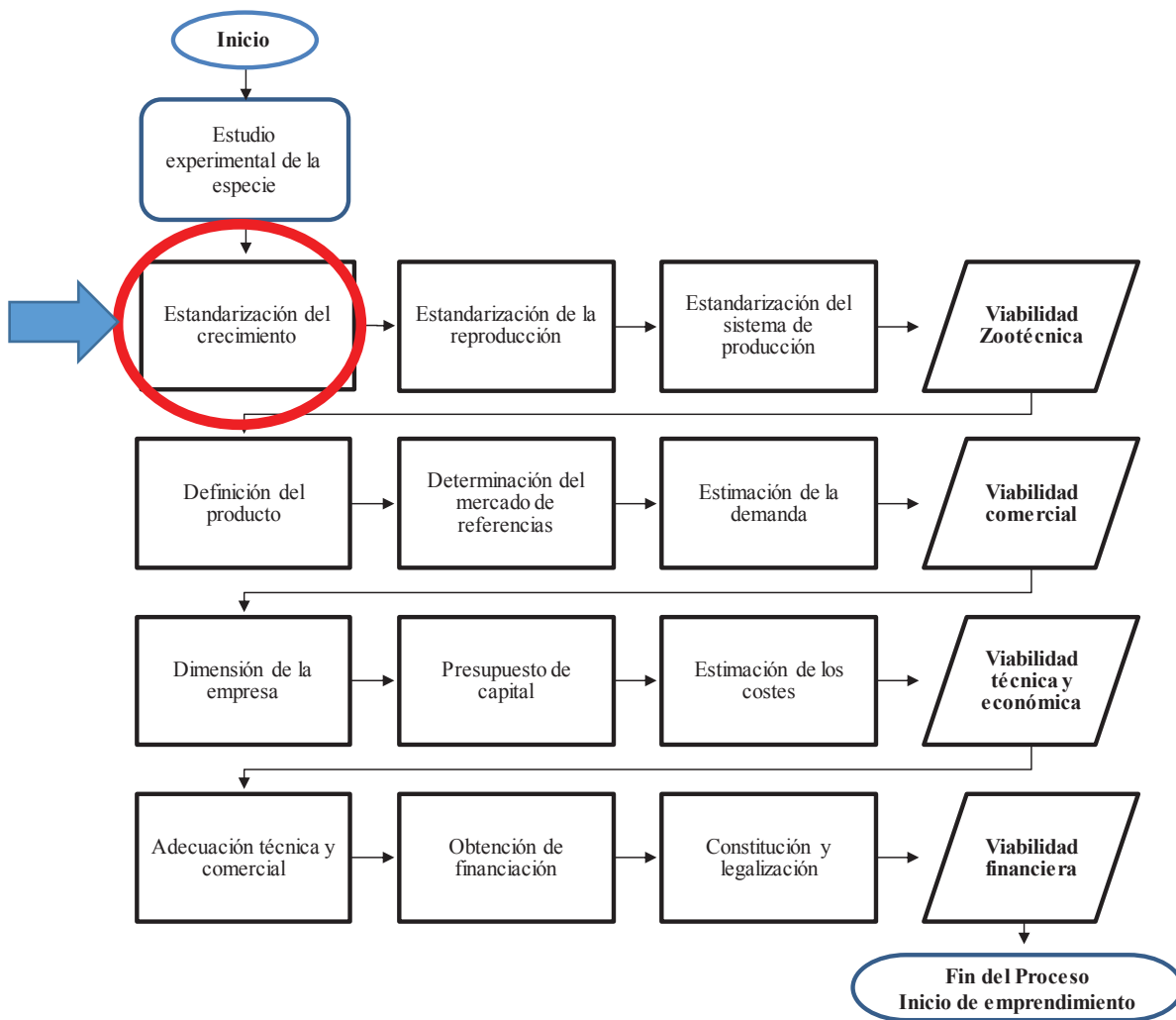


Figura 2. 2. Viabilidad de un emprendimiento ganadero.

En este sentido el MAGRAMA (2011) elabora una guía de diversificación con indicaciones de la situación de la reproducción en distintas especies; mostramos el caso del lenguado: “El cultivo de lenguado se basa en la estabulación de peces “salvajes” (obtenidos del medio marino) para la formación de lotes de reproductores, que se reproducen generando puestas espontáneas fecundadas y así larvas de generación F1. Sin embargo, estos peces cultivados (generación F1) presentan problemas reproductivos al llegar a adultos, lo que conlleva ausencia de puesta de huevos fecundados. El origen de estos problemas hay que buscarlos en la todavía incipiente domesticación de la especie y particularmente, en la falta de conocimientos básicos sobre su fisiología reproductiva. Esta problemática está repercutiendo negativamente en la viabilidad y rentabilidad económica de su cultivo a escala industrial, ya

que impide la producción controlada de huevos y larvas y el considerar realmente cerrado el ciclo vital de la especie en cautividad”.

Asimismo, recomendamos iniciar la investigación y la producción en **condiciones semicontroladas de confinamiento** a partir de animales juveniles y reproducir las pautas de comportamiento para simular su crecimiento. Condiciones controladas significa reproducir sus condiciones naturales, pero registrando las variables y su evolución temporal durante el ciclo de producción (García *et al.*, 2008).

En la Figura 2.2 se enmarca en un círculo rojo el objetivo estratégico del presente trabajo de investigación de vieja colorada. Asimismo, se muestran distintas etapas del conocimiento a cubrir en un futuro; puede ser ese el orden o de modo simultaneo, pero vemos como se conforma el puzzle del conocimiento y los grandes interrogantes que conforman el proceso.

2. Clasificación de sistemas de producción en acuicultura.

Existen diversas clasificaciones de los sistemas productivos en piscicultura y de acuerdo a los objetivos propuestos interesa una clasificación u otra (Figura 2.3). El trabajo de investigación desarrollado se enfoca desde una perspectiva multiobjetivo: la acuicultura tropical de agua dulce, en sistemas de pequeña escala, con economías de subsistencia en países en desarrollo, buscando la conservación de la biodiversidad y potenciar el fomento de las especies nativas.

En Ecuador la piscicultura ha incrementado su productividad de manera creciente en los últimos diez años y su éxito productivo se debe en gran medida a la innovación tecnológica aplicada; tanto en los sistemas de crianza, como en el diseño y construcción de equipos y maquinaria utilizada.

En la Figura 2.3 se muestra como se clasifican los sistemas de producción atendiendo a la densidad de población y su impacto ecológico. En este sentido Fremond (1967) conceptúa el sistema ganadero como una unidad de investigación que expresa una combinación en la que se interfieren elementos de orden natural, económico y sociológico. El dominio de un sistema en el interior de un área más o menos delimitada permite definir una región ganadera; por otra parte, Vera y Vega (1979) define el sistema de producción como la forma equilibrada y armónica en que se combinan los factores de producción para lograr unos productos o servicios de forma eficiente, pudiendo llamarse modelos a cada una de las principales formas de variación existentes dentro de cada sistema; estos modelos que aplican diferentes equipos y maquinarias, se llama tecnología de producción (García et al., 2000).

La selección del sistema de producción determina los costes de producción, así como la viabilidad técnica, económica, ambiental y social del emprendimiento. Además, el sistema se relaciona estrechamente con la dimensión y la tecnología utilizada en la empresa y estos factores condicionan la elaboración de indicadores en sus distintas dimensiones.

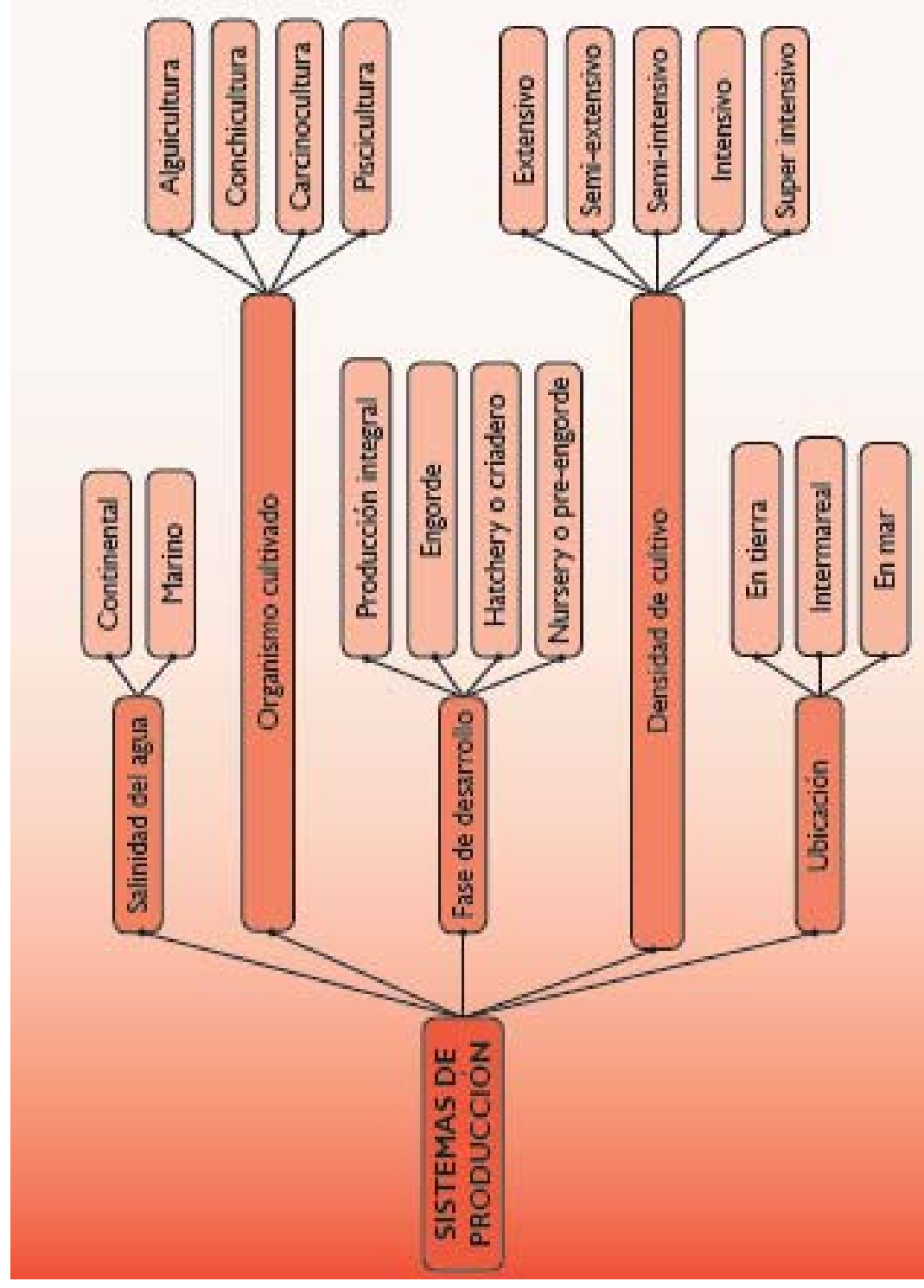


Figura 2. 3. Clasificación de sistemas acuícolas (Magrama, 2011).

García et al. (2016) recomienda elaborar indicadores desde distintas dimensiones y con registros simples y relacionados con el objetivo:

Desde el punto **de vista ambiental**

- La demanda de agua
- La demanda de alimento externo
- La demanda de energía
- La demanda de mano de obra

Desde el punto **de vista interno de la empresa**

- Los costes de producción
- La viabilidad técnica y ambiental
- La viabilidad económica y financiera
- La viabilidad social

Desde el punto **de vista del producto**

- La composición de la carne
- La aceptación del consumidor
- La aceptación social del emprendimiento

Estas demandas del sistema, constituyen verdaderos “**indicadores de viabilidad y sustentabilidad del proceso**”, aunque se alejan de otros que proponen distintos autores orientados mayoritariamente a la eficiencia productiva del pienso o la energía externa al sistema. Estos autores parten en muchos casos de la premisa de que existe un alto grado de asociación entre *Eficiencia técnica y la sostenibilidad*, así como entre *Eficiencia técnica y la viabilidad*, paradigmas contradictorios en sistemas pastoriles, abiertos y extensivos (Angón et al., 2015; García et al., 2015) y en discusión respecto a otros sistemas intensivos (Toro-Mujica et al., 2013).

A continuación, se describen brevemente los sistemas de producción en acuicultura y posteriormente las tecnologías más frecuentes

2.1. Sistema de producción extensivo

Rodríguez *et al.* (2012) indican que el sistema de producción animal extensivo tuvo su razón de ser cuando la población mundial humana era baja y el requerimiento de alimento total mundial era menor que en la actualidad, por lo que se disponía de grandes extensiones de terreno y agua para mantener los animales que soportaba el sistema en libertad y en las mejores condiciones naturales posibles para su reproducción y desarrollo. Este tipo de producción abastecía la demanda local de la población. El sistema extensivo de producción mantiene una densidad de población de 0.05 Kg peces/m², sin necesidad de recambiar el agua y con alimentación natural. Además, estas bajas producciones complementan una pesca extractiva de los ríos de muy pequeña escala que no compromete la sostenibilidad de los recursos.

En este sistema la densidad de población de peces pelágicos era entre 1 y 3 animales por metro cuadrado simulando la crianza en su habitat natural sin proveerle alimento externo al sistema, sin costes de inversión y un coste de oportunidad de la mano de obra cercano a cero. Para Sotillo Ramos y Vijil Maeso (1978), la tónica general de la explotación extensiva es la utilización de animales de tipo "ambiental" y la gran superficie de tierra necesaria. El cambio de este sistema por otro más intensificado supone problemas sociales por la necesidad de mano de obra especializada y mayores requerimientos de capital.

2.2. Sistema de producción semi-extensivo

El sistema de producción semi-extensivo de peces trata de abastecer la demanda mediante un incremento de la productividad. La densidad de población de 0.1-0.5 kg peces/m³, con un recambio diario de agua en torno al 10%, a fin de incrementar el nivel de oxígeno disuelto en el agua. La alimentación se fundamenta en el uso de recursos internos al sistema, fundamentalmente plancton y materia orgánica disponible, aunque ya se incorpora un suplemento alimenticio exógeno para compensar la falta de proteína del sistema. De esta forma un sistema de producción extensivo se transforma en un sistema de producción semi-extensivo, donde la densidad de población supera las densidades de una población con alimentación natural exclusivamente.

2.3. Sistema de producción semi-intensivo

La evolución de la producción de peces va encaminada a producir más kilos de biomasa por metro cuadrado, por lo que en una producción del sistema semi-intensivo tenemos una población de 1 a 2 kg peces/m³, con un recambio de agua de superior al 100% por la necesidad de oxígeno que demanda la cantidad de peces contenida en el sistema, y una alimentación a base de alimento concentrado para abastecer la necesidad de cantidades de proteína necesaria para la cantidad de peces, que ya no puede abastecer el alimento natural del agua. Se empiezan a utilizar diferentes tecnologías para alcanzar un incremento de los parámetros productivos y se introducen otras especies, normalmente alóctonas y mejoradas. El recambio de agua es completo a fin de lograr los niveles de oxígenos requeridos y mantener los niveles de calidad del agua.

2.4. Sistema de producción intensivo

En la actualidad, el consumo de pescado experimenta un crecimiento sostenido, debido entre otras razones al incremento de la población, los cambios de hábitos en el consumo, creencias, etc. Por todo ello, se hace necesario incrementar la productividad y por ende la densidad de población de peces por metro cuadrado. En el sistema de explotación intensivo la densidad de población fluctúa entre 15-50 kg peces/m³, con un recambio de agua de 24 veces la capacidad del estanque por día, donde es necesario mantener al 100% la saturación de oxígeno en explotaciones intensiva de peces (Edna and Boyd 1997). La alimentación se realiza exclusivamente con balanceado, y, según se indica en la bibliografía, de acuerdo a los requerimientos alimenticios de los peces y la tasa de alimentación para cada etapa. Se incorporan tecnologías crecientes con diferentes sistemas de oxigenación, principalmente los difusores de aire a alta presión con motores eléctrico entre 1 A 30 hp que contribuye a disminuir el uso del agua por recambio. Se utilizan también filtros de diferente tipo: físicos mediante filtros de arena o biológicos, estos últimos con el desarrollo intencionado de bacterias aeróbicas. Los alimentos balanceados se administran en forma de pienso extrusionado flotante, donde se buscan niveles específicos de proteína y tamaño de la partícula, todo ello direccionado al estado de crecimiento y la etapa productiva. Según la bibliografía el sistema de producción intensivo permite mantener la calidad de los recursos ambientales mediante el uso de tecnologías que mitiguen la contaminación y favorezcan el

uso racional del agua para cada una de las actividades del hombre, optimizando su uso (Edna y Boyd 1997).

La investigación en piscicultura ha contribuido para que se conozcan de modo empírico las tasas de alimentación de algunas especies en sus diferentes etapas de la vida, el consumo de oxígeno en miligramos en cada etapa, la capacidad genética y la producción amoniacal total (TAN, Total Amoniacal Nitrogen), entre otros.

2.5. Sistema de producción super-intensivo

Estos sistemas contribuyen decisivamente a la a la creciente demanda de carne de pescado para alimentación humana y animales de interés zootécnico. Incrementan sustancialmente la producción de peces por metro cuadrado, potenciando cada vez más las herramientas utilizadas en el sistema intensivo, y precisan equipos para monitorear y determinar los parámetros óptimos permanentes en el agua, oxímetro, salinometro, pHmetro, termómetro, control de amonio, nitritos, nitratos y carbonatos, etc. que favorecen la automatización del sistema para el control de los tanques durante las 24 horas del día. Buscan maximizar la utilidad del espacio propiciando a que las construcciones para albergar los peces se optimicen, el agua sea utilizada racionalmente y se evite la contaminación ambiental. La densidad de población es superior a 150 kg peces/m³, con un recambio de agua de 72 veces por día y la utilización de tecnología de punta con equipos de aireación del agua como aireadores de paleta, bombas de verticales, turbinas, hidroinyectores, y otros.

En la **Tabla 2.2.** se resumen las características de cada sistema de producción.

Tabla 2. 2. Características de los sistemas productivos.

Sistema	Carga máxima (kg /m ³)	Recambio de agua (nº veces /día)	Tipo de alimentación predominante
Extensivo	0.05	0	Natural
Semi-extensivo	0.1-0.5	0.1	Complemento
Semi-intensivo	1-2	< 1	Pienso
Intensivo	15-50	24	Pienso
Súper-intensivo	>150	72	Pienso

3. Gestión del agua

El agua dulce es un patrimonio mundial, y constituye uno de los recursos naturales más importantes y escasos del mundo. La agricultura consume el 65-75% del agua disponible, la industria el 15-25% y el 10% restante se destina a consumo humano. Además, al aumentar la población mundial se incrementa la necesidad de alimentos, su producción y en consecuencia la demanda de agua. La necesidad de agua dulce para la producción de alimentos será mayor y se entrará en el conflicto de racionalizar el agua para cada una de las actividades de producción agropecuaria como el riego dirigido a todos los cultivos perennes en el mundo, la optimización de la industria de alimentos para el bienestar de la humanidad, el consumo de agua de la población para salubridad y supervivencia y la producción hidroeléctrica.

El agua constituye **un recurso renovable**, aunque muy limitado (Toro-Mujica *et al.*, 2011). En la economía ecológica se propone la evaluación de aquellos actores que determinan la demanda y oferta de los recursos naturales para generar medidas de sostenibilidad en los subsistemas. No obstante, la agricultura aparece como el mayor demandante de agua. De acuerdo con Naciones Unidas, el riego representa el 70% de las extracciones de este recurso. Mientras la producción de alimentos consume aproximadamente el 30% de la energía mundial, que en su mayoría se produce de manera hidráulica.

El consumo de agua de una producción o actividad se evalúa mediante la huella hídrica, que distingue tres tipos de agua: azul (superficial y subterránea consumida por la población), verde (agua de lluvia que se evapora) y la gris (la que se contamina).

La huella hídrica mide la cantidad de agua necesaria para producir un producto o servicio. En el caso de la acuicultura, García *et al* (2015) conceptualizan esta huella dentro de la economía circular, la producción integrada y la ecoeficiencia. Otros autores derivan de la huella hídrica a la eficiencia del uso del agua, de modo que es más “sostenible” un cultivo bajo plástico en invernadero que unos pastos naturales. Este mismo paradigma se podría aplicar en acuicultura extensiva vs intensiva. Creemos que el enfoque de la acuicultura que requiere un estudio ambiental en profundidad.

La piscicultura tiene como fundamento la utilización del agua, que según el sistema y la tecnología, puede ser en grandes, medianas o pequeñas cantidades de modo que aseguren una producción de proteína proveniente de la carne de pescado para la alimentación del

hombre y al mismo tiempo racionalice el uso del agua y el control de la contaminación de la misma.

3.1. La calidad del agua

La acuicultura utiliza el agua como elemento vehicular, que constituyen un auténtico **elemento dinámico** con grandes oscilaciones diarias; durante el día aumenta la producción de oxígeno como consecuencia de la fotosíntesis; en tanto que por la noche se incrementan los de CO₂, y además hay variaciones entre los periodos del año. La composición del agua cambia y oscila dependiendo de las instalaciones, el sistema de producción y la tecnología utilizada y de los procesos que experimenta: Fotosíntesis, respiración de plantas y animales, degradación de la materia orgánica, proliferación de microorganismos, etc. Todo ello hace que cada estanque se comporte como un elemento muy dinámico y complejo donde es preciso el conocimiento de su comportamiento para realizar una cría racional, sostenible, en condiciones adecuadas y de éxito. La FAO describe de modo sucinto y con pocos epígrafes los elementos que determinan la composición general del agua:

Padilla (2009) describe el agua como el factor abiótico más importante, la importancia de su composición en la calidad de vida de los seres vivos y un determinante del éxito o fracaso del productor. Asimismo, la calidad del agua, elemento clave en la producción acuícola, constituye un limitante estratégico en la intensificación (Ladino-Orjuela, 2011)

Se precisa un control permanente de variables tales como: el pH y su interrelación con el ciclo del nitrógeno (amoníaco, nitritos, nitratos), la temperatura, los ácidos húmicos y el carbónico presente en el agua. Además de la necesidad de registrar su evolución a lo largo del día dentro de los procesos de fotosíntesis y respiración.

En la **Tabla 2.3** se muestran los parámetros estándar de calidad del agua, aunque hay que considerar que estos no son estáticos y que sus valores oscilan dependiendo del ciclo, la especie, el estado productivo y grado de maduración del estanque. Posteriormente, en la Figura 2.5. se muestra la evolución de la calidad del agua en el periodo día y noche, considerando los fenómenos de fotosíntesis y respiración, y los cambios en la temperatura del agua, e independiente de otros factores

Composición general del agua	
Sustancias disueltas	
Gases	
<ul style="list-style-type: none"> • oxígeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno 	
Minerales	
<ul style="list-style-type: none"> • sales de calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro • compuestos de nitrógeno, fósforo 	
Compuestos orgánicos	
<ul style="list-style-type: none"> • proteínas, carbohidratos 	
Partículas en suspensión	
Partículas muertas	
<ul style="list-style-type: none"> • minerales tales como limo y arcilla • material orgánico como detritos*, organismos muertos, humus* 	
Organismos vivos microscópicos	
<ul style="list-style-type: none"> • variedades de plantas (fitoplancton*) • variedades de animales (zooplancton*) 	

Figura 2. 4. Composición del agua.

Fuente: ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/fao_training/general/x6709s/x6709s02.htm

Tabla 2.3. Parámetros de calidad del agua y sus valores estándar.

Parámetro	Valores estándar
Oxígeno Disuelto	> 4.0 mg/l
Temperatura	Dependiente de la especie
pH	7.5 – 8.5 (6-7,5)
Salinidad	Agua Dulce: < 0.5 ppt
Dióxido de Carbono (CO ₂)	< 10 ppm
Amonio (NH ₄ ⁺ / NH ₄ -N)	0 – 0.5 ppm
Nitrito (NO ₂ ⁻)	< 1 ppm
Dureza	40 – 400 ppm
Alcalinidad	50 – 300 ppm
H ₂ S	0 ppm
DBO	< 50 mg/l

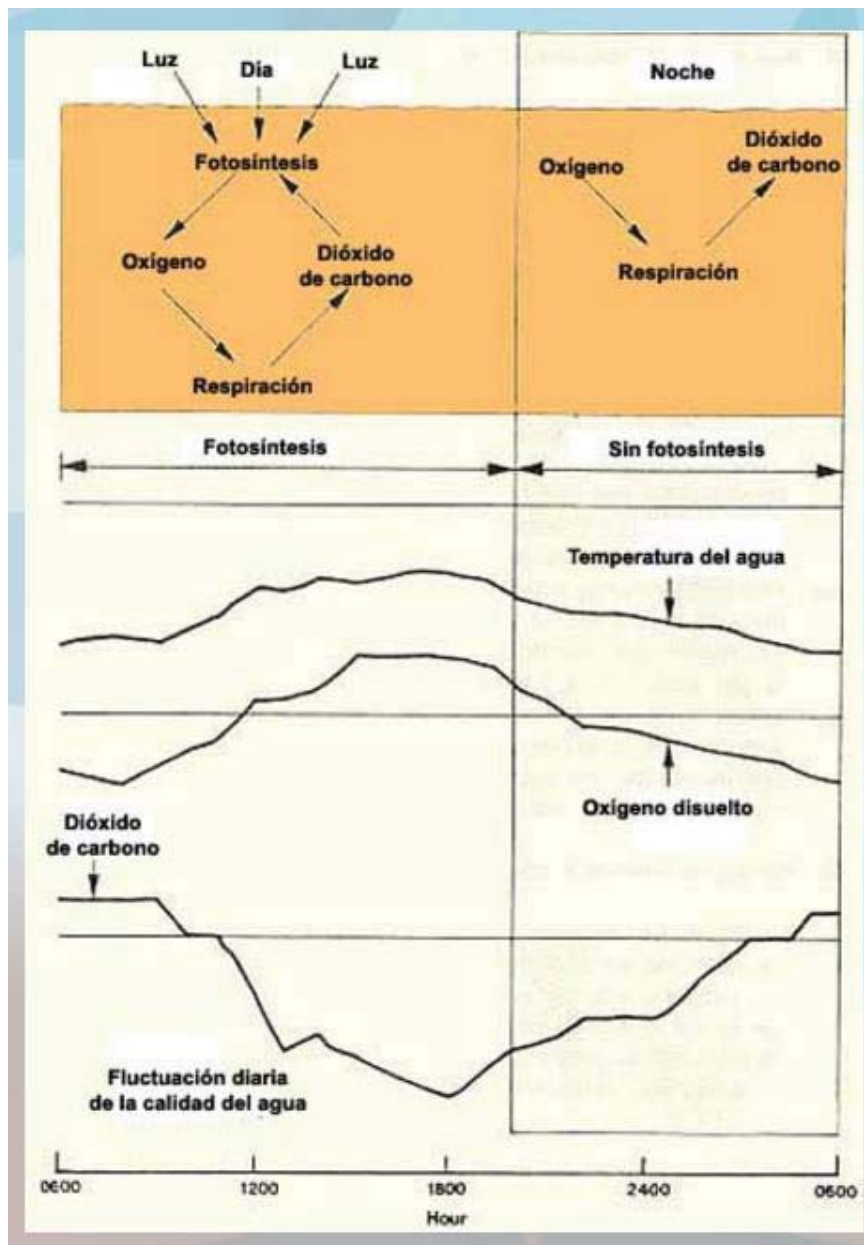


Figura 2. 5. Evolución de la calidad del agua.

Fuente: ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/fao_training/general/x6709s/x6709s02.htm

En la ESPAM (Ecuador) se usan de modo rutinario diferentes índices para el cálculo de la calidad del Agua y el más utilizado es el ICAGUA que fue desarrollado por los Laboratorios Batelle – Columbus en U.S.A. y modificado por Leiva (2008) (ANEXO 1) y se utiliza en estudios específicos de calidad del agua. No obstante, en las experiencias desarrolladas con la Vieja Colorada utilizamos el control rutinario de los siguientes **parámetros del agua** o indicadores básicos de calidad del agua en cría de peces

3.1.1. Reacción química del agua: pH

El pH mide la acidez o alcalinidad del agua y muestra la concentración de iones hidrógeno presentes en el agua. Se mide en escala logarítmica lo que significa variaciones 1:10, un punto de pH modifica 10 veces la acidez del agua. El control de este parámetro es fundamental en acuicultura y su valor depende de factores tales como:

- Hora del día. Según sea mayor o menor la **intensidad de la luz** se modifica la fotosíntesis
- La **temperatura** del agua
- La **vegetación** existente
- La densidad de cría
- Sustancias disueltas: materia orgánica, fitoplacton y el tipo de suelo

El valor óptimo del pH en acuicultura también va a depender del tipo de acuicultura (marina o continental), la latitud y la especie. En el caso de acuicultura tropical de aguas continentales, Padilla (2009) indica la preferencia por agua ligeramente ácida con valores de pH comprendidos entre 6 y 7,5. En la Figura 2.6 se indica la evolución del pH según la hora del día y la densidad de cría

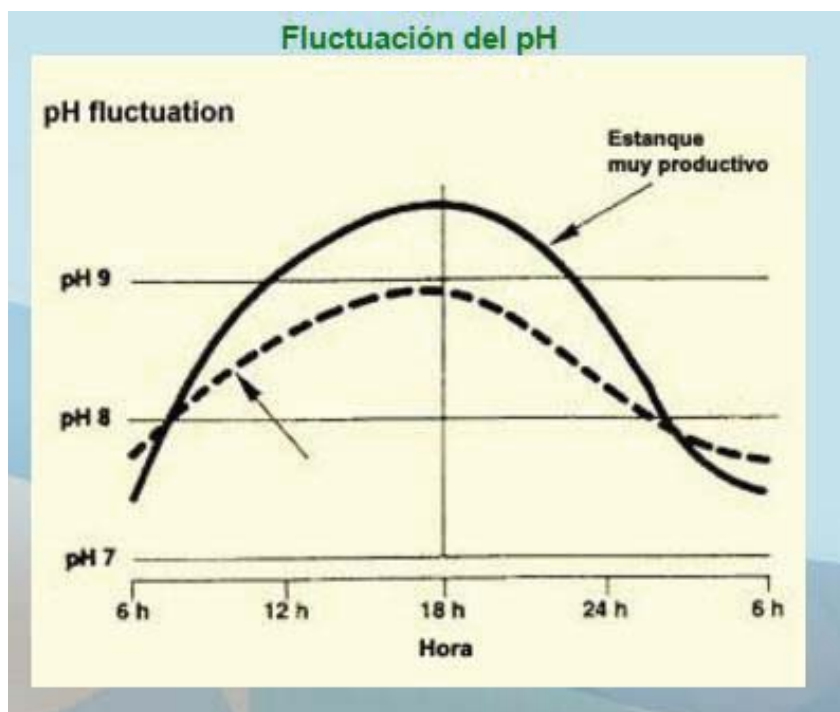


Figura 2. 6. Evolución del pH.

Asimismo, la acidez o alcalinidad del agua se correlaciona con el ciclo del carbono y del nitrógeno, respecto la producción de ácido carbónico y amoníaco respectivamente (Figura 2.7).

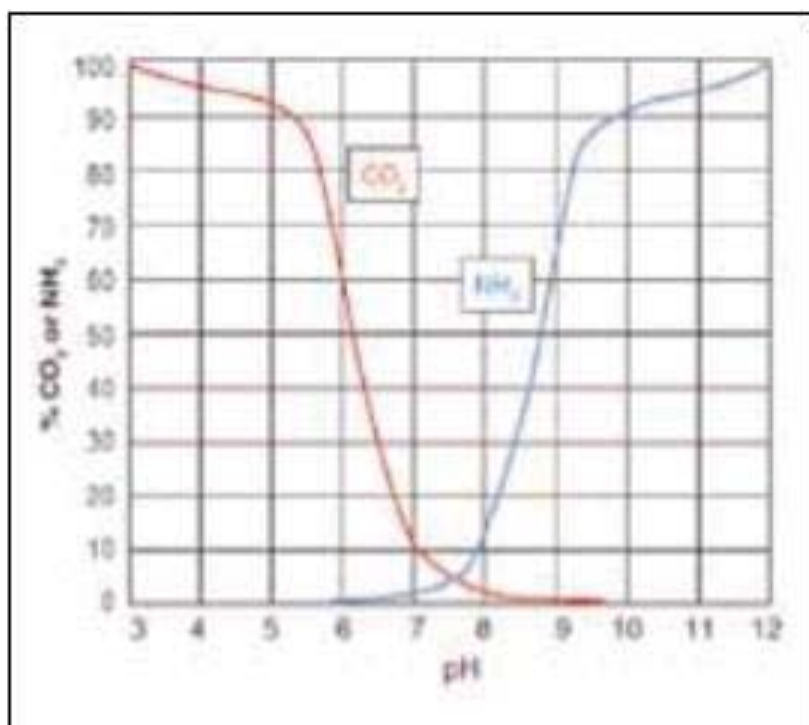


Figura 2. 7. Correlación entre CO_2 y pH, influenciando la toxicidad de NH_3 .

Fuente: <https://cap.auburn.edu/blog/2012/05/control-de-la-calidad-del-agua-de-estanques-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/?lang=es>

La interrelación entre temperatura, pH y el nivel de amoníaco (%) es muy estrecha, se utiliza como parámetro de bioseguridad y control de calidad del agua, con la relación que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 2. 4. Nivel de amoníaco (%) según temperatura y pH.

pH	Temperatura (°C)								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,81	0,95
7.2	0,47	0,54	0,63	0,72	0,82	0,95	1,10	1,27	1,50
7.4	0,74	0,86	0,99	1,14	1,30	1,50	1,73	2,00	2,36
7.6	1,17	1,35	1,56	1,79	2,05	2,35	2,72	3,13	3,69
7.8	1,84	2,12	2,45	2,80	3,21	3,68	4,24	4,88	5,72
8.0	2,88	3,32	3,83	4,37	4,99	5,71	6,55	7,52	8,77
8.2	4,49	5,16	5,94	6,76	7,68	8,75	10,00	11,41	13,22
8.4	6,93	7,94	9,09	10,30	11,65	13,20	14,98	16,96	19,46

8.6	10,56	12,03	13,68	15,40	17,28	19,42	21,83	24,45	27,68
8.8	15,76	17,82	20,08	22,38	24,88	27,64	30,68	33,90	37,76
9.0	22,87	25,57	28,69	31,37	34,42	37,71	41,23	44,84	49,02
9.2	31,97	35,25	38,69	42,01	45,41	75,96	52,65	56,30	60,38
9.4	42,68	46,32	50,00	53,45	56,86	60,33	63,79	67,12	70,72
9.6	54,14	57,77	61,31	64,54	67,63	70,67	73,63	76,39	79,29
9.8	65,17	68,43	71,73	74,25	76,81	79,25	81,57	83,68	85,85
10.0	74,78	77,46	79,92	82,05	84,00	85,82	87,52	89,05	90,59
10.2	82,45	84,48	86,32	87,87	89,27	90,56	91,75	92,80	93,84

3.1.2. Turbidez

Responde a la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión. La turbidez es una medida de calidad del agua y cuantifica los sólidos existentes en suspensión (arena, arcilla y otros materiales). Total, de sólidos en suspensión (TSS) en el agua de un estanque TSS (mg/l). Se distinguen tres tipos de turbidez: blanca, marrón y verde.

- ✓ **Turbidez blanca.** Debida a la falta de bacterias benéficas en el agua. Normalmente responde a carencias en el proceso de maduración y el aumento del nivel de nitratos.
- ✓ **Turbidez marrón.** La turbidez húmica se debe a la presencia de humus que da al agua un color marrón oscuro. Suele estar causado por exceso de materia orgánica.
- ✓ **Turbidez verde.** Debida al plancton existente, que dan al agua distintos tonos de marrón, verde, verde azulado o marrón amarillento, dependiendo de la especie de plancton dominante. Se utiliza el disco de Secchi para su evaluación.

3.1.3. Temperatura del agua

La temperatura es un factor que actúa el metabolismo de los animales, las plantas y el resto de los procesos productivos que se desarrollan en el estanque de cría. De este modo la temperatura modifica: el desarrollo de los huevos; el crecimiento de los juveniles y de los peces de más edad; la maduración y el desove; la absorción de alimentos e incluso la detiene completamente; y la vulnerabilidad a infecciones y enfermedades.

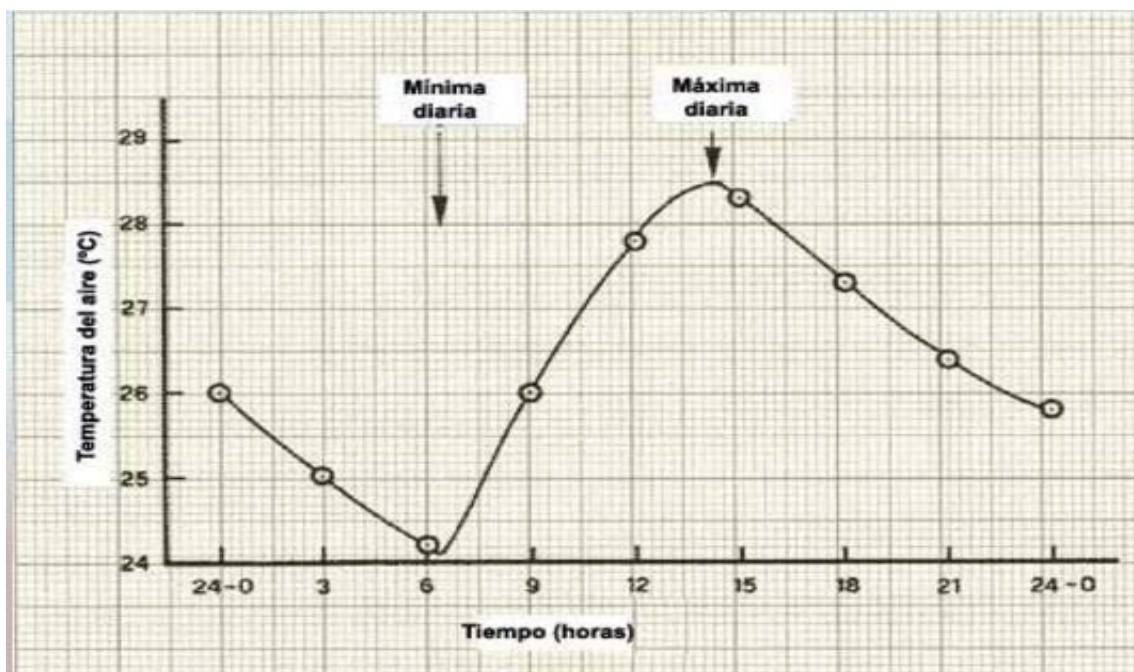


Figura 2. 8. Evolución de la temperatura.

3.1.4. Nivel de oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno presente en el agua es un indicador de calidad del agua y del buen mantenimiento de los recintos de cría. El oxígeno disuelto puede proceder oxígeno atmosférico y de la actividad fotosintética de los organismos acuáticos y ambos generan un balance dinámico en el oxígeno en el agua. El oxígeno actúa como factor limitante y se relaciona con otros factores como el nivel de aireación (tecnología), temperatura, densidad de animales, momento del día, etc. Asimismo, el nivel del anhídrido carbónico se relaciona con el pH del agua.

El nivel de oxígeno puede aumentarse o disminuirse con distintas tecnologías que inciden directamente en la productividad de la instalación y constituye un factor clave en la explotación.

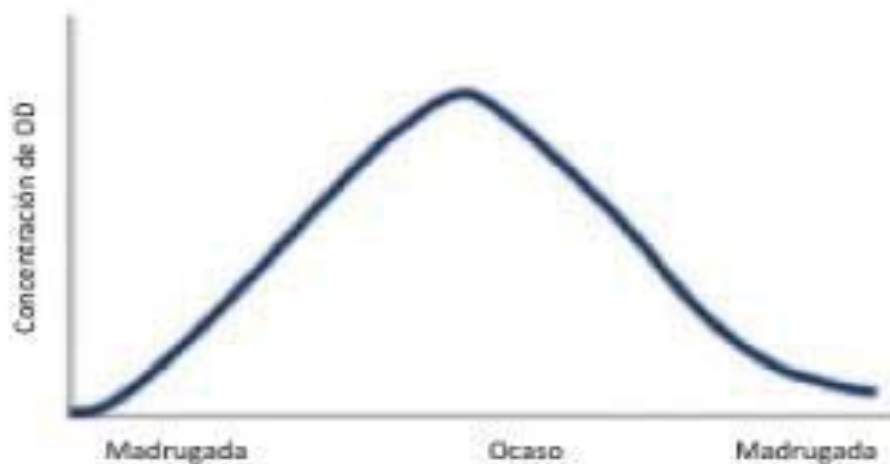


Figura 2. 9. Evolución del Oxígeno.

Fuente: <https://cap.auburn.edu/blog/2012/05/control-de-la-calidad-del-agua-de-estanques-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/?lang=es>

La fotosíntesis también condiciona el nivel de oxígeno y por tanto disminuye durante la noche, los días nublados o a medida que aumenta la profundidad y la turbidez del agua.

3.1.5. Ciclo del carbono

La relación existente entre Carbono, Nitrógeno y Fosforo marca la calidad del agua de los estanques de cría y las condiciones de crecimiento de los animales y las relaciones metabólicas. Ladino-Orjuela (2011) indica la necesidad de entender la dinámica del carbono para establecer las acciones estratégicas en la cría de peces. El carbono puede tomar distintas formas, ya sea como ion bicarbonato (HCO_3^-), ion carbonato (CO_3^{2-}) o como ácido carbónico (H_2CO_3) (Figura 2.10), con el siguiente flujo:

Formación de ácido carbónico: $\text{CO}_2 (\text{gas}) \leftrightarrow \text{CO}_2 (\text{agua}) + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

Formación de bicarbonato: $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

Formación de carbonato: $\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$

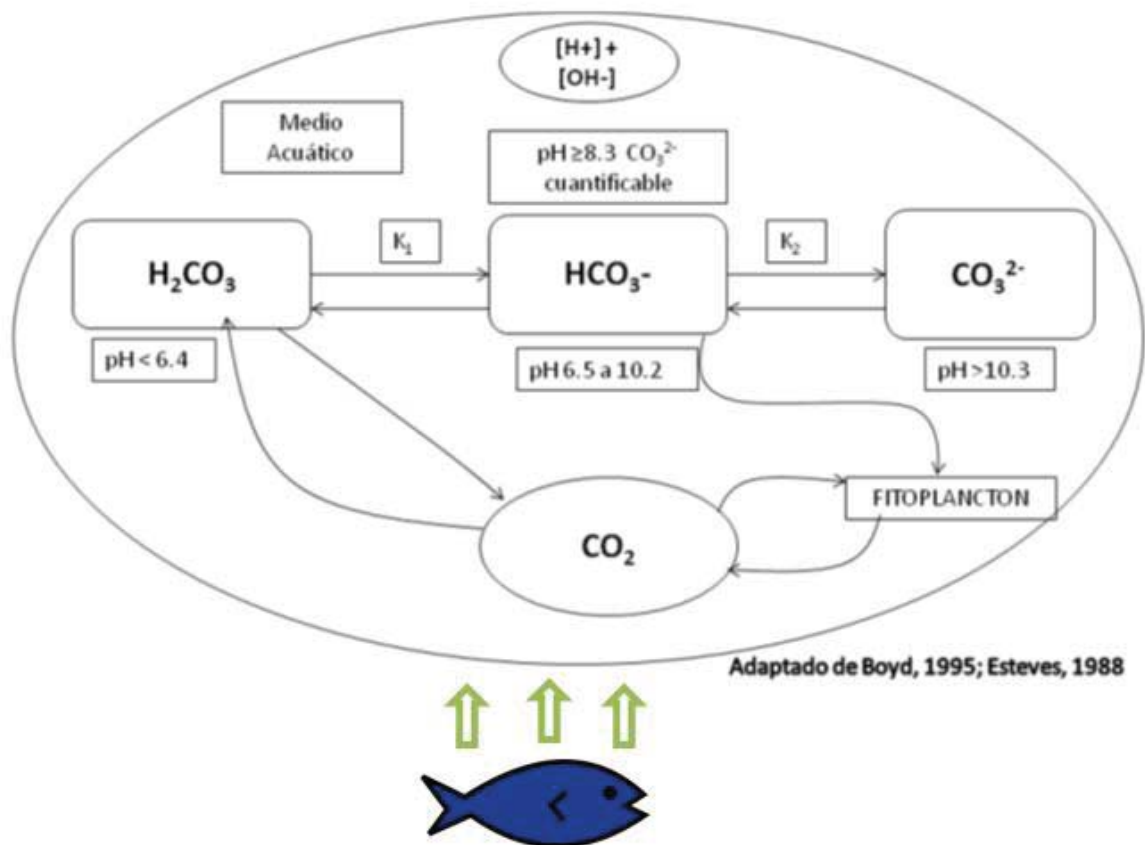


Figura 2. 10. Ciclo del Carbono.

Dado que es un equilibrio dinámico depende de factores tales como:

- Tipo de suelo; suelos volcánicos más ácidos y los calcáreos con predominio de carbonato cálcico.
- La temperatura y la salinidad, a más temperatura y salinidad se incrementa la fijación de carbonato cálcico.
- pH, en pH básico se potencia la presencia del ion carbonato. Desde el punto de vista práctico con la dureza del agua y el pH se puede determinar el nivel de CO_2
- Luz: la fotosíntesis de las algas se da en los 10 -20 cm de la columna de agua)
- Los procesos respiratorios hacen variables los niveles encontrados (Avnimelech, 2003).

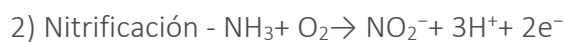
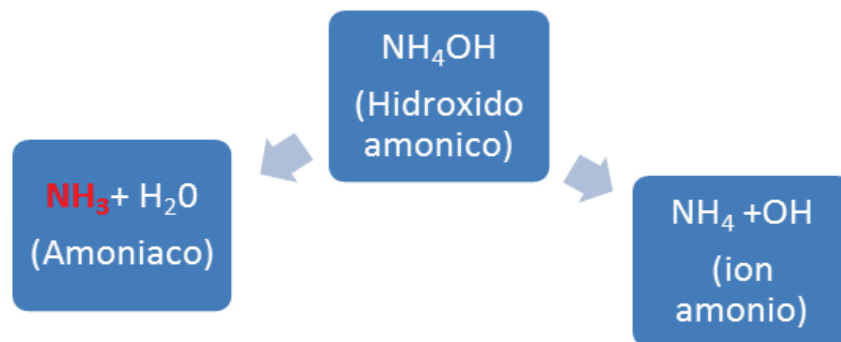
El dióxido de carbono es tóxico tal y como tal lo describe Timmons (2002), aunque el nivel viene determinado por las especie y condiciones de cría. El incremento del carbono orgánico y la ruptura de la capacidad de resiliencia del sistema hace que se alcancen niveles críticos de

oxígeno en la producción intensiva y constituya un factor de riesgo y de mortalidad. En el fondo del estanque y en ausencia de oxígeno proliferan los procesos de metano-génesis y la fermentación, con proliferación de bacterias reductoras y producción de ácido sulfhídrico (con el sistema biofloc se corrige este problema que es letal para los peces).

3.1.6. Ciclo del nitrógeno. Nitrificación

La materia orgánica en el agua descomposición (heces y restos de alimentos) sufre un proceso de transformación en amonio, nitritos y nitratos y la posterior des nitrificación, utilizando las bacterias heterótrofas. Este proceso químico necesita un ambiente aerobio (con el difusor de oxígeno en el estanque) y una fuente de carbono que permita mantener una relación adecuada (superior a 10:1)

1) Amonificación



La nitrificación es un proceso biológico durante el cual las bacterias nitrificantes convierten el amoníaco en nitrato. La nitrificación utiliza cantidades sustanciales de oxígeno y carbonato, reduciendo la dureza del agua y la capacidad de amortiguación y tiene un ligero efecto acidificante

Padilla (2009) muestra la existencia de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*, *Nitrosococcus* o *Clostridium*) y otras responsables de la nitrificación: *Nitrosomas* y *Nitrobacter*

Las bacterias nitrificantes son de crecimiento extremadamente lento, se ven afectados por una variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas y tienen una tolerancia al pH muy estrecha, prefiriendo un rango entre 7,5 - 8,6. Su tasa de crecimiento se ve afectada por la temperatura y necesitan un mínimo de 1 mg/litro de oxígeno disuelto. La adición de carbohidratos da lugar a que las bacterias nitrificantes oxiden el amonio a nitrito, y este mismo a nitrato (Avnimelech, 1999).

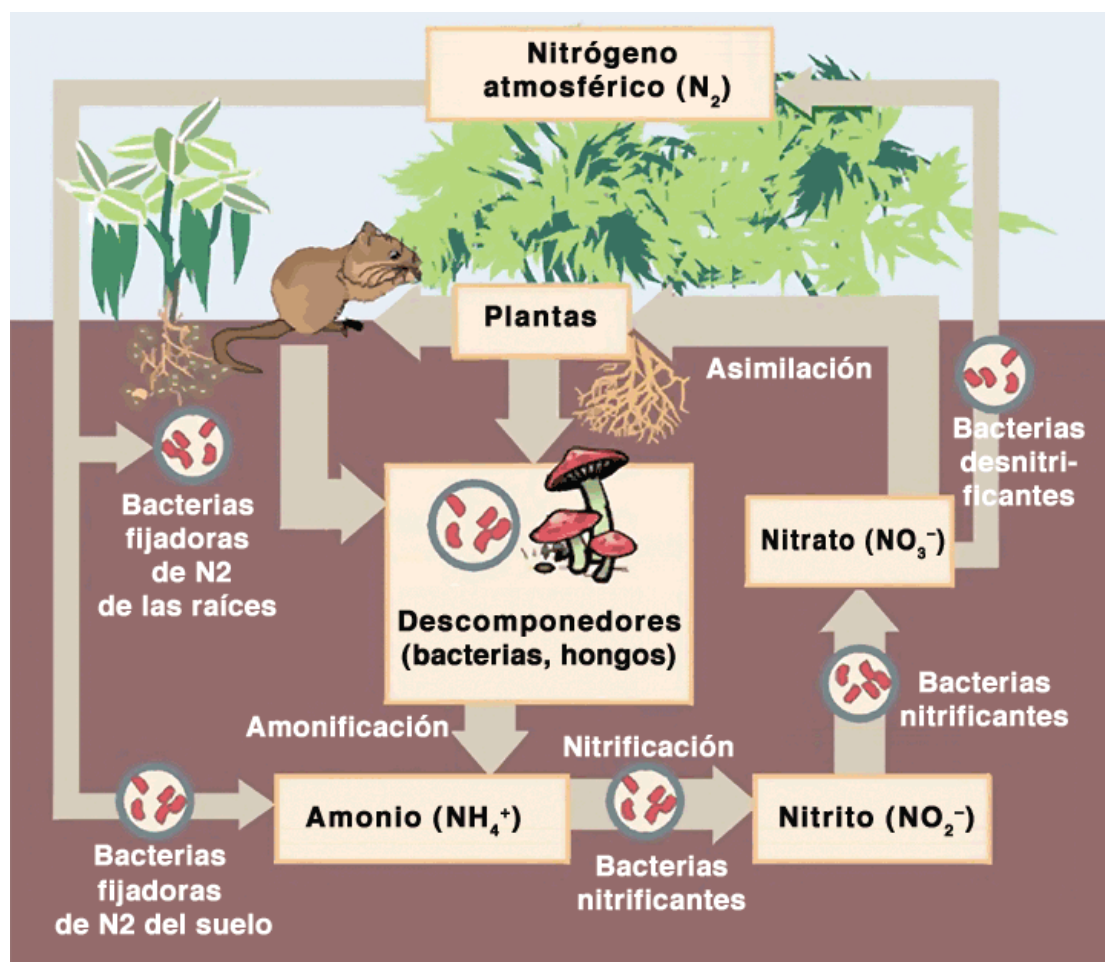


Figura 2. 11. Ciclo de la Nitrificación.

La relación entre el amonio y el amoniaco se determina por el pH. A mayor pH, más amoniaco hay. Teniendo en cuenta que el pH del agua de mar siempre es mayor de 7, el amoniaco se transforma en amonio. La conversión de amonio en nitrito se realiza mediante las bacterias *Nitrosomonas* y posteriormente, las bacterias *Nitrobacter* oxidan los nitritos a nitratos.

4. Tecnologías de producción

A continuación, se muestran las tecnologías de la producción; desde sistemas tradicionales de recambio de agua a la recirculación y los circuitos cerrados intensivos. Por otra parte, desde el punto de vista didáctico a medida que se aumenta la intensificación, se limita el intercambio de agua y se mejora el sistema de filtración, **no obstante, a nivel práctico se pueden combinar distintas estrategias de uso del agua, de filtración y de intensificación**, de acuerdo a los factores socioeconómicos y el mercado. Los sistemas de tratamiento del agua, más frecuentes son:

- Filtración mecánica: El agua pasa por un estanque intermedio donde se sedimenta y decanta el agua eliminando partículas en suspensión: filtros de arena, filtros de cartucho, filtros con diatomeas, microfiltración o de vacío.
- Filtración biológica: Se elimina compuestos orgánicos solubles. Posteriormente se explican mediante el sistema biofloc.
- Filtración química: Elimina distintos compuestos orgánicos. Los más frecuentes el carbón activo y las enmiendas calizas.
 - Desinfección: Busca la eliminación de microorganismos potencialmente patógenos para el sistema de producción: luz ultravioleta, ozono.

4.1. Tecnología tradicional o de recambio de agua

La piscicultura tradicional ha utilizado el agua como el elemento principal de suministro de oxígeno para los peces. En este sentido a partir de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y de la densidad de población en el estanque que se quiera establecer (piscicultura semi intensiva, intensiva y súper intensiva) depende la cantidad de agua que se debe cambiar cada día para mantener el nivel de bienestar de los peces, así obtener una mayor producción. Esta tecnología es una de las que más agua utiliza en términos de litros de agua que ingresaron al estanque por cada kilo de carne producido en el estanque durante el ciclo de crecimiento hasta la venta de los peces. Al alto consumo de agua se suma la evacuación del agua utilizada en el estanque, generalmente se drena hacia el arroyo más próximo, esta agua utilizada lleva consigo los residuos de alimento, heces y residuos hormonales, antioxidantes, y sustancias químicas aplicadas al alimento, el 50% del alimento ofrecido a los peces retorna al agua como alimento no consumido y heces de los peces, lo que implica una alta contaminación del agua. Para la crianza de peces en el sistema de recambio de agua, se construye estanques de

dimensiones que van desde pocos metros cuadrados hasta grandes estanques de decenas de hectáreas con profundidades que oscilan entre de 1 a 1.5 metros, estos estanques son llenados con agua proveniente de pozos artesanales o profundos, arroyos, ríos, y en caso de estar próximo al mar son llenados con agua de mar que llega al estanque por gravedad, canales, bombas de impulsión de agua o cualquier sistema de llenado del estanque, de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua depende la densidad de población que se pueda mantener en el estanque, una vez consumido el oxígeno existente, queda como alternativa cambiar el agua del estanque ya sea de manera porcentual o total, las veces que sea necesaria durante el ciclo de producción que generalmente tiene una duración de 6 meses, lo que implica una necesidad imperiosa de agua que va en términos estimados de 40,000 litros de agua por kilo de pez producido.

Tabla 2. 5. Tipos de estanques (FAO, 2011).

TIPO BÁSICO DE ESTANQUE ¹	ABASTECIMIENTO PRINCIPAL DE AGUA						VACIADO			MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN		
	Agua subterránea		Agua superficial	Masa de agua		Agua bombeada						
	Filtración	Manantial	Precipitaciones y escorrentía superficial	Alimentación directa	Alimentación indirecta	Varias fuentes	No drenable	Drenable	Mediante bombeo	Excavado	Terraplén	Desmonte y relleno
ESTANQUE SUMERGIDO - Abastecimiento de agua único - Cualquier combinación de fuentes de abastecimiento	●	●	●		●		●		○	●	○	○ Terreno en pendiente
ESTANQUE DE PRESA - Sin canal de derivación - Con canal de derivación en serie		○	●	●	●		○	●	○		● Presa	
ESTANQUE DE DERIVACIÓN - En serie - En paralelo			○		●	●		●	○		● Terreno llano	● Terreno en pendiente

● más común.

○ menos común.

¹ Para los subtipos, véase la Sección 17.

Considerando que el recambio de agua es principalmente para aportar el oxígeno al estanque para el consumo de los peces, se puede evitar parcialmente utilizando otros medios de aireación del agua como los aireadores que existen de diferentes tipos entre ellos de paleta, bombas electrosoplantes, entre otros, la necesidad de recambio persiste por la necesidad de evacuar los residuos de alimento no consumido y heces, y sobre todo evacuar el amonio disuelto en el agua proveniente del metabolismo de los peces del estanque.

Tabla 2. 6. Ventajas e inconvenientes de los estanques.

Tipo	Ventajas	Desventajas
Estanque sumergido	<p>No necesita dique, a no ser para evitar las inundaciones</p> <p>No hace falta una masa de agua para el abastecimiento</p> <p>Se requiere poca preparación para la construcción</p>	<p>El nivel del agua puede variar enormemente de una estación a otra</p> <p>Se requiere mayor trabajo de excavación</p> <p>No es drenable; abastecimiento de agua no regulado, si no es mediante bombeo; el bombeo puede resultar caro</p> <p>Baja productividad natural del agua subterránea</p> <p>Dificultad de gestión del estanque</p>
Estanque de presa ¹	<p>Diseño sencillo cuando se trata de pequeñas corrientes</p> <p>Costos de construcción relativamente bajos, a no ser que haya problemas para evitar las inundaciones</p> <p>La productividad natural puede ser elevada, según la calidad del abastecimiento de agua</p>	<p>El dique debe anclarse firmemente</p> <p>Se requiere un aliviadero con su canal de desagüe</p> <p>No hay regulación del abastecimiento de agua de entrada (cantidad, calidad, peces no cultivados)</p> <p>No se puede vaciar completamente a no ser que se seque el abastecimiento de agua de entrada</p> <p>Dificultades de explotación del estanque (fertilización, alimentación), ya que el abastecimiento de agua es variable</p> <p>Forma y dimensiones irregulares</p>
Estanque de derivación ²	<p>Facilidad de control del abastecimiento de agua</p> <p>Se puede conseguir una explotación satisfactoria del estanque</p> <p>Los costos de construcción son más elevados en terreno llano</p> <p>Se puede vaciar por completo</p> <p>Es posible conseguir formas y dimensiones regulares</p>	<p>Los costos de construcción son más elevados que los de los estanques de presa.</p> <p>Productividad natural más baja, especialmente si se construye en suelo poco fértil</p> <p>Para la construcción se requieren levantamientos topográficos de calidad y una detallada demarcación con estacas</p>

¹ Si el estanque de presa se construye con un canal de derivación, se pueden corregir algunas de las desventajas (abastecimiento de agua regulado, no se necesita aliviadero, vaciado completo, mayor facilidad de explotación), pero los costos de construcción pueden aumentar considerablemente si hay que planificar la derivación de un gran volumen de agua.

² Las ventajas relativas variarán de acuerdo con la disposición de los estanques (Sección 16), que puede ser en serie (en cuyo caso la explotación de los estanques es más difícil) o en paralelo (tanto el abastecimiento de agua como el vaciado son independientes, lo que simplifica la explotación).

Los elementos de la tecnología de recambio son el estanque que puede ser superficial o excavado, mixtos, de concreto (hormigón armado) sobre la superficie de la tierra. Estos estanques suelen ser de geomembra o cemento armado; sin importar la forma del estanque, aunque los más recomendables son tanques circulares, porque permiten la utilización de todo el espacio sin dejar esquinas con agua muerta como el caso del estanque rectangular o cuadrado. El tamaño del estanque es variable, puede ir de pocos metros hasta hectáreas (Figura 2.12, Figura 2.13)). Existe la necesidad de contar con un sistema de ingreso y salida de agua, para el trabajo de llevar agua al estanque puede ser por gravedad, o utilizando bombas de impulsión de agua que pueden ser eléctricas o a combustión interna, siendo las más utilizadas las de funcionamiento a diésel.



Figura 2. 12. Tecnología de recambio de agua.



Figura 2. 13. Tecnología de recambio de agua con geomembrana.

4.2. Tecnología de recirculación de agua

La tecnología de crecimiento de peces con recirculación de agua RAS (Recirculation Aquaculture System), es una tecnología que incorpora tratamiento y reutilización del agua a través de un sistema físico-químico o físico-biológico, con una renovación de agua equivalente a la evaporación y a la pérdida en el tratamiento del agua, el fundamento de la recirculación es: separar los sólidos del agua, eliminar el amoníaco no ionizado, reducir el consumo de agua en términos de litros por kilo de pescado producido y optimizar la utilización del agua.



Figura 2. 14. Proyecto Geomembrana.

La tecnología de cultivo de peces con recirculación de agua se realiza en estanques controlados, y al incrementar oxígeno al agua por medio de soplantes es un sistema de producción intensivo que se puede instalar en estanques cercanos a los centros de distribución, el manejo de esta producción intensiva lleva la participación de pocas personas, se controla de manera eficiente los parámetros del agua pudiendo incrementar la densidad de población. Esta tecnología demanda mayor inversión, pero es compensado por la alta densidad de peces que se puede cultivar, tecnología amigable con el medio ambiente, cría en ambientes controlados, mayor densidad de población frente a la tecnología de recambio de agua, además se puede aprovechar los desechos del metabolismo y acoplar una producción de cultivos hidropónicos.

La reutilización del agua mediante la tecnología de la recirculación se da utilizando los métodos físico químico y físico biológico.



Figura 2. 15. Tecnología de recambio de agua con filtros.

En estanques con recirculación del agua para crianza de peces se utilizan filtros físico-químico, para la eliminación de los sólidos. Los filtros más frecuentes son percoladores, filtros de arena, filtros de malla, entre otros los sustratos más utilizados son los de relleno plástico: biobolas construidas de polipropileno, con una superficie específica.



Figura 2. 16. Tecnología Biofloc.

4.3. Clasificación de sistemas de producción según la tecnología

La relación entre tecnología y sistema de producción es estrecha de modo que a medida que se opta con un sistema más intensificado se precisa mayor nivel tecnológico. En la Tabla 2.7 se muestra las tecnologías más implantadas en Europa, las especies utilizadas y los niveles de producción.

Tabla 2. 7. Utilización de tecnologías en Europa.

Tecnología	País	Especie	Producción (T)
Estanque de tierra	Rusia	Carpa común	475.000
	Polonia	Carpa platada	
	República Checa	Carpa cabezona	
	Alemania		
	Ucrania		
	Hungría		
Circuito abierto	Italia	Trucha arco iris	220.000
	Francia		
	(Dinamarca, Alemania y España)	Bagres africano Anguila, Esturión Perca, Tilapia	
Circuito cerrado (SAR)	Hungría	Bangre	RETROCESO
	Dinamarca	Anguila	
Jaulas (en lagos)	Suecia	Salvelino artico	

Fuente: Project N°: COLL-CT-2006-030384, Sixth Framework Programme, 2009.

A nivel global también existen múltiples clasificaciones de las tecnologías. En el caso de países en desarrollo con existencia de recursos zoogenéticos de alto valor se propone la siguiente clasificación secuencial de tecnologías según el grado de avance: a) Estanques en tierra, b) Jaulas flotantes, c) Estanques de recirculación y d) Sistema Biofloc.

4.3.1. Estanques en tierra

Los estanques en tierra tienen diferentes características, dependiendo de la oferta de agua que se tenga para el proyecto piscícola, pudiendo construirse estanques en tierra de presa, y de derivación ya sean estos sumergidos o superficiales.

- Estanques de presa

Los estanques de presa (Figura 2.17) o represa se construyen con gran facilidad, y con bajo coste de construcción. La proliferación de plancton no es controlada, y se dificulta su manejo debido a la dificultad de drenar el agua y controlar el nivel de agua necesario para la producción de peces. Generalmente, al construirlos con desvío de agua en el caudal de un río o estero, causan problemas de contaminación del medio ambiente, por lo que deben regularse de acuerdo a las normas legales vigentes de protección del medio ambiente.



Figura 2. 17. Estanque de presa.

-Estanques sumergidos

Los estanques de derivación sumergidos, se construyen a partir del material de la superficie del terreno, hasta que alcance la altura para la columna de agua deseada. Poseen ciertas ventajas: no necesita muros o diques, en muchas ocasiones el agua emerge desde el fondo y se requiere poca mano de obra para su construcción. Sin embargo, presentan dificultades como la falta de control del nivel de agua en las épocas seca y lluviosa (Figura 2.18).



Figura 2. 18. Diagrama estanque sumergido.

-Estanque superficial

Los estanques de derivación superficiales presentan facilidad para el control de ingreso y salida del agua y alcanzan en muchos casos una producción satisfactoria en el estanque. Son

flexibles y se pueden vaciar por completo y construirse con diferentes formas geométricas, aunque hay que considerar que su costo de construcción es más elevado que los estanques de presa, y demanda profesional especializados para el cálculo de la estructura, y el diseño de provisión y drenaje de agua (Figura 2.19 y 2.20).



Figura 2. 19. Diagrama estanque superficial.



Figura 2. 20. Estanque superficial.

4.3.2. Jaulas flotantes

El incremento de proyectos hidroeléctricos multipropósito en Ecuador ha elevado los espejos de agua y con ello las posibilidades de utilizar el agua para la producción piscícola a nivel artesanal. Sin embargo, la piscicultura de las especies acuícolas en el nuevo hábitat hídrico de

los embalses está limitado por la excesiva profundidad en la columna de agua que resta posibilidades de producción comercial de peces. Las jaulas son una de las alternativas artesanales para solucionar el problema de control de la reproducción y manejo en la cría de peces (Figura 2,21). Estas jaulas también son muy prácticas en experimentación animal, ya que permite un control y aislamiento de factores.



Figura 2. 21. Jaulas para peces.

4.3.3. Ambiente controlado-Recirculación

La producción de peces en sus diferentes etapas de crecimiento se puede cultivar en ambientes donde se controla la temperatura ambiental y la protección total de depredadores y de patógenos, lo que hace que la producción tenga una alta inocuidad. Generalmente estos ambientes son utilizados para la reproducción y cría de post larvas, para posteriormente ser sembradas en estanques de crecimiento, hasta que los peces alcancen la talla comercial. Dentro de las naves se instalan las tinas, que pueden ser de diferentes materiales y tamaño y los aireadores para mantener los niveles de oxígeno en el agua.

Los estanques se instalan y construyen considerando la oferta hídrica natural y el entusiasmo manifiesto de cada comunidad. Una vez instalados los estanques se procede a la elaboración del pienso, posteriormente se siembran los alevines de tilapia y otras especies que puedan acceder a la semilla.

La mayor parte de los emprendimientos son de tipo artesanal, con un área inferior a los 10.000 metros cuadrados y desarrollan las diferentes fases de la producción y la

comercialización en el ámbito local. Los peces se colocan de acuerdo a su etapa productiva en fases de reproducción, post-larva, pre-cría y engorde.



Figura 2. 22. Instalaciones para ambiente controlado.



Figura 2. 23. Tinas de ambiente controlado.

Fase de reproducción. Los reproductores (20 meses de edad), se seleccionan del propio plantel de reproductores de la explotación de acuerdo a su talla y la conformación corporal, sin malformaciones, con buena coloración y sin manchas. Se alimentan habitualmente con balanceado comercial (34 % de proteína bruta). Los reproductores machos y hembras permanecen en estanques separados y se colocan en otro estanque durante el apareamiento en una proporción de dos hembras por macho. Después del desove son devueltos a sus estanques de origen durante un periodo de 45 días.



Figura 2. 24. Estanques de geomembrana.

Fase de Post-larva. Los estanques para esta fase son desinfectados, llenados de agua y habilitados antes de llevar las post larvas después de cinco días de su nacimiento. Permanecen allí hasta ser comercializadas. Las post larvas son capturadas en el estanque de reproducción utilizando una malla fina, esta actividad la realizan durante las primeras horas de la mañana. Posteriormente, las post larvas son colocadas en el estanque para alevines, y se mantienen durante treinta días hasta que son entregados al cliente.

El agua de los estanques proviene del río, la misma que es llevada mediante el sistema de bombeo hasta los estanques donde se tiene control de la cantidad de oxígeno disuelto, pH, y cantidades de amonio. La temperatura del agua de la piscifactoría fluctúa de los 22 a 28 grados durante todo el año, y en algunos casos desciende hasta los 20 grados sin ser problema mayor para el crecimiento de las tilapias del plantel. La alimentación es a base de balanceado comercial, siendo específico el nivel de proteína en cada etapa de crecimiento. Se obtienen buenos resultados con balanceado de 45% de proteína para los post larvas, de 34 % de proteína para la cría y de 26 % de proteína para el engorde.

La **precría** se realiza en un estanque pequeño con una densidad de 150 peces por metro cuadrado, realizan un recambio de agua del estanque equivalente al 20% diario, estos estanques están cubiertos con malla anti pájaro, en esta etapa los alevines son

alimentados con balanceado que contiene 45% de proteína, con una tasa de alimentación del 10%, el total de la ración se la distribuye en 8 comidas diarias.

Cuando han alcanzado un peso de 5 gramos, la cría es trasladada a otro estanque considerando una densidad de 50 peces por metro cuadrado, se realiza un recambio de agua del 10% diario, se les alimenta con balanceado que contiene 34 % de proteína y se les proporciona 4% de la biomasa, repartido en 6 comidas al día.

En la fase de engorde los peces se mantienen en el mismo estanque, (20 peces por metro cuadrado), se realiza recambio de agua, midiendo constantemente la cantidad de oxígeno, si baja la cantidad de oxígeno a menos de 5 ppm se realiza otro raleo hasta dejar 15 peces por metro cuadrado o se le aplica aireación. Se les proporciona balanceado que contenga 30% de proteína, se aplica una tasa de alimentación de 2% repartida en 3 raciones diarias. Una vez que los peces hayan alcanzado un peso de 350 a 400 gramos se comercializa a los clientes que demanden el producto.

4.3.4. Tecnología Biofloc (Bio Floc Technology)

Collazos-Lasso et al (2014), Avnimelech (2009), Ladino-Orjuela (2011) muestran la tecnología biofloc como una estrategia para aprovechar los residuos de los alimentos y la materia en descomposición dentro de la cadena trófica de los peces que favorece condiciones para la producción de microorganismos heterotróficos. Esta aplicación de la red trófica microbiana en **la economía circular** permite transformar los desechos en subproductos para uso en alimentación animal (según diversos autores se pueden reducir hasta un 30% el consumo de pienso) y además se genera como co-productor agua fertilizada para su uso posterior en agricultura.

El uso de esta tecnología precisa un manejo adecuado de las comunidades microbianas, orientado a maximizar el potencial del proceso microbiano. El éxito reside en un profundo conocimiento de la dinámica del sistema acuático natural donde los microorganismos fijan carbono (fuente de energía) en presencia de nitrógeno para la síntesis de proteínas. Una relación C/N elevada unida a pH bajo o conductividad baja son síntomas de poca capacidad de nitrificación (producción de nitratos). Por el contrario, una relación C/N baja indica agotamiento del suelo, por sobreexplotación, en

este último caso por aumentar la velocidad de descomposición de materia orgánica. Estas situaciones bajan la formación de excesiva de algas y exceso de nitratos, y sobre todo, afecta a la estabilidad estructural disminuyendo la permeabilidad y aumentando el peligro de acumulación de amoníaco.

Para un estanque en equilibrio la relación C/N debe ser siempre mayor a la de equilibrio biológico (10:1), puesto que el ingreso de nitrógeno a través de los alimentos balanceados va a modificar paulatinamente la relación inicial, y si esta relación C/N baja a menos de 10, entonces la velocidad de descomposición de la materia orgánica aumenta estimulándose la producción autotrófica, y si ésta es aún más baja entonces el NH₃ se acumula en el estanque.

Tabla 2. 8. Relación C/N y consecuencias producidas.

Relación C/N	Consecuencia	Ejemplo
< 10	Se estimula la producción autótrofa. Producción microorganismos procarióticos-gluconeogénicos estrictos y facultativos	<i>Vibrio harveyi</i> , para-haemolítico, cianobacterias, algas, nematodos parásitos, clorofitas, etc.
10-22	Se estimula la producción de organismos eucariotas. Producción autótrofa y heterotrófica. Producción microorganismos procarióticos –glucolíticos estrictos y facultativos	<i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Bacillus</i> , levaduras, rotíferos, diatomeas, clorofitas, etc.
> 22	Se estimula la producción heterotrófica-eucariota, Producción de microorganismos procariotas glucolíticos estrictos. Predominan microorganismos glucolíticos estrictos.	Biofloc, levaduras, etc.

Collazos-Lasso et al (2015) indica que una de las alternativas que empiezan a cautivar el interés de los piscicultores es el sistema de producción súper-intensiva con tecnología biofloc (BFT), la cual se sustenta en aprovechar la acumulación de residuos de los alimentos, materia orgánica y compuestos inorgánicos tóxicos a través de microorganismos presentes en los medios acuáticos, dando condiciones de dominancia a comunidades autótrofas y heterótrofas, resolviendo sustancialmente los problemas de saturación de nutrientes a partir de su reciclaje, en este sentido el objetivo de la

presente revisión es presentar los fundamentos básicos de la BFT, como una alternativa de producción piscícola.

Etapas en la preparación del agua.

En cada tanque (circular) se incorpora agua limpia, **transparente**, difusores de aire y aireadores de paleta. Se intenta alcanzar varios efectos: en primer lugar se facilita la incorporación de oxígeno al agua, por otra el movimiento de las paleta permite la salida de gran cantidad de CO₂ y finalmente el movimiento circular del agua en los tanques conduce los restos de materia orgánica al centro de cada tanque que se mantiene en suspensión en el agua. Se recomienda adicionar sal marina hasta alcanzar un nivel que prevenga infecciones en peces y problema de toxicidad del nitrito existente.

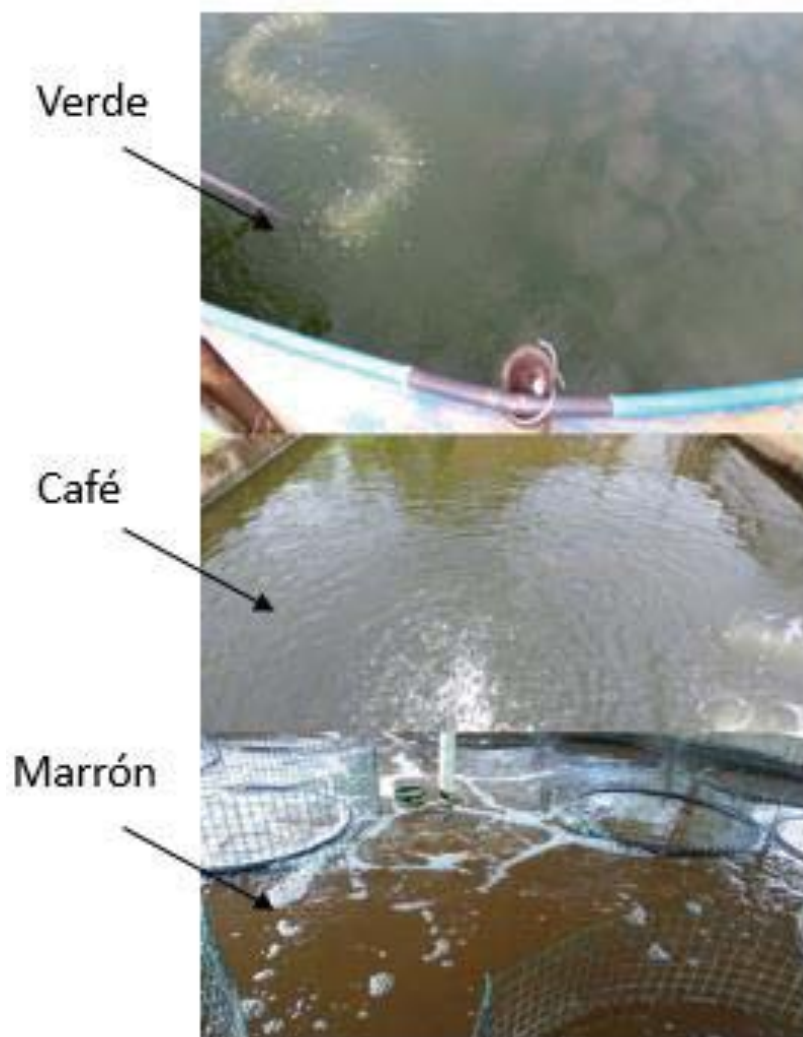


Figura 2. 25. Color del agua.

A partir de la semana el agua comienza a presentar un **color verdoso** (fitoplancton). Se utiliza un pienso de peces con contenido en proteína entre el 30-40% y se recomienda utilizar alguna fuente de carbono que permita incrementar la relación C/N hasta alcanza 20:1 de modo que se favorezca la proliferación de microorganismos heterótrofos. En este sentido, según los niveles de amoníaco, nitritos y nitratos se estima la necesidad de C. Fruto de esta evolución es el aumento de pH y del amoníaco.

El pH comienza a bajar, como consecuencia de la acción nitrificante de las bacterias, la reducción del amoníaco y el aumento del ácido carbónico. A partir del día 14 empieza a aumentar sensiblemente la concentración bacteriana y al mes el agua ya adquiere la **tonalidad marrón**, como consecuencia de la materia orgánica en suspensión en cada uno de los tanques. Durante esta etapa aparece espuma en el agua, aunque luego va reduciéndose progresivamente a la vez que disminuye el aporte de C externo.

III.- Resultados y Discusión

CAPITULO 3. CONDICIONES DEL HABITAT Y EXPERIMENTALES

Introducción

El Grupo de investigación en Acuicultura Tropical Continental comienza en 2014 a desarrollar los proyectos de acuicultura en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en condiciones semicontroladas y se encuentra varios limitantes técnicos; En primer lugar, el desconocimiento de las condiciones de cría en cautividad de las especies nativas tropicales continentales, la ausencia de protocolos fiables de manejo de estas especies, la falta de información sobre la influencia de los diferentes factores de hábitat en la cría, etc. Aunque esto parezca sorprendente es la realidad existente en distintos campos de las producciones ganaderas alternativas donde están identificadas las especies, pero el conocimiento aplicado es fundamentalmente de carácter empírico. Todo ello compromete en gran medida las posibles investigaciones que se querían desarrollar encaminadas a conocer la curva de crecimiento de la Vieja Colorada y su viabilidad a nivel de emprendimiento y proponer posteriormente programas de conservación de la especie, repoblación de ríos, etc. Todo este desconocimiento supone asumir un riesgo adicional y un nivel de error elevado en los trabajos de investigación.

En consecuencia, hemos desarrollado un conjunto de investigaciones parciales y preliminares, orientadas a incrementar el conocimiento de las condiciones de cría y del hábitat de la Vieja Colorada para intentar posteriormente reproducir las condiciones en cautividad. Existen diversos factores y hemos seleccionados aquellos que según la bibliografía y la experiencia de los investigadores son más determinantes.

- Las condiciones de cría de alevines y animales juveniles en situaciones de confinamiento
- La densidad de cría
- La utilización de dietas y alimentación con concentrado
- El manejo de reproductores para la obtención de alevines

-El manejo de alevines (larvas) en la fase inicial de arranque

Dentro de cada experiencia hemos intentado protocolizar el manejo, la identificación de los animales y los lotes, así como un registro adecuado de las variables de control. En cada caso hemos tomado como base el conocimiento empírico existente en la zona y del que son protagonistas los actores locales. Nos hemos ajustado a las tecnologías disponibles en la zona y de modo permanente hemos cuidado las condiciones de bienestar animal a objeto de evitar situaciones de stress innecesarias a los animales.

En cada experiencia se ha ido cambiando la ubicación de la experiencia, de acuerdo a la disponibilidad de la zona, el entusiasmo de los productores y su propio conocimiento.

Ahora, en 2017, la UTEQ dispone de instalaciones propias de acuicultura y parte de los estudios previos se pueden realizar en la propia universidad. Se ha conveniado con la Universidad Técnica de Babahoyo, la Escuela Superior Agropecuaria de Manabí, la Subsecretaría de Acuicultura del MAGAP y se está intentando aunar intereses con la Universidad de la Amazonía. Todo este recorrido nos permite mayor accesibilidad a la creación de conocimiento y a la vez no queremos perder el contacto con la realidad y la problemática social existente.

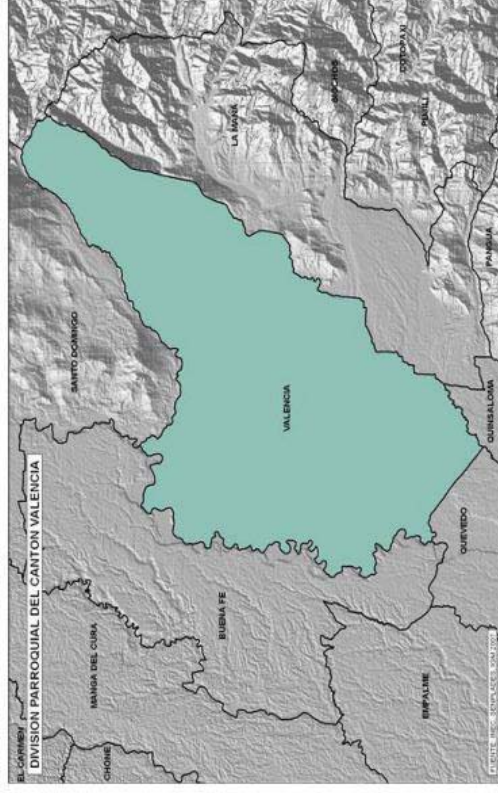
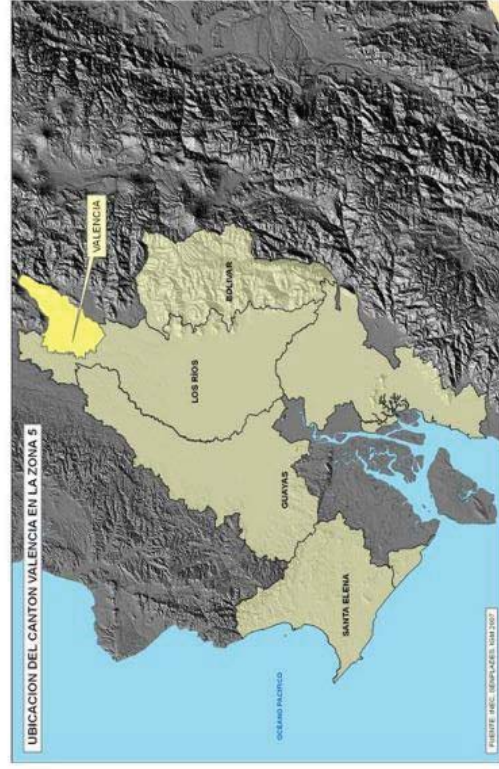
3.1. Curva de crecimiento de juveniles de Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*).

Ecuador cuenta gran diversidad climatológica y diferencias de altura que van desde 0 hasta 6.200 metros sobre el nivel del mar, en la zona baja o región litoral abundan las lluvias sobre todo en los meses de diciembre a abril, la temperatura está determinada por la altitud, ubicación y principalmente por la presencia de la cordillera de los Andes.

La zona específica donde se desarrolló el primer estudio se ubica en la **Finca Estero de Piedra**, propiedad del Instituto Tecnológico Agropecuario Ciudad de Valencia, en el Cantón Valencia (Figura 3.1). Este Cantón es considerado como el "Jardín de Los Ríos", uno de los 13 cantones más jóvenes de la Provincia de Los Ríos, del Ecuador, está localizado en la región litoral del país. Su cabecera cantonal es la ciudad de Valencia, con una altitud de 120 metros msnm, temperatura ambiental y precipitación media anual de 25,47°C y 2.223,85mm, respectivamente, la humedad relativa promedio es de 85,84, y heliofanía promedio de 776 horas luz/año, de acuerdo con los datos reportados por la Estación Experimental Tropical Pichilingue en 2012.



Figura 3.1. Cantón Valencia.



<ul style="list-style-type: none"> • El cantón VALENCIA cuenta con 1 parroquias. • Representa el 13.6% del territorio de la provincia de LOS RÍOS (aproximadamente 1.0 mil km2). 	
Población:	42.6 mil hab. (5.5% respecto a la provincia de LOS RÍOS).
Urbana:	39.9%
Rural:	60.1%
Mujeres:	46.9%
Hombres:	53.1%
PEA:	48.9% (5.4% de la PEA de la provincia de LOS RÍOS)

Figura 3.2. Cantón Valencia, Provincia de Los Ríos.
Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010.

En esta zona la provisión de agua, tanto para consumo humano como el uso agrícola proviene de modo directo de los ríos existentes en la zona. Habitualmente se desvía para su uso en plantaciones y acuicultura mediante un sistema rudimentarios represas y esclusas que permiten retener el agua, elevar su nivel y poder conducirla a través de las acequias y demás conducciones temporales que funcionan mediante gravedad y se moldean con la fuerza trabajo.

En este sentido, las “fuentes de aguas” también son utilizadas como piscinas naturales para diversos usos; ya sea la recreación de los habitantes, la acuicultura, o simplemente para el lavado de la ropa con el uso de productos y detergentes no degradables que contribuyen al incremento de la contaminación.



Figura 3.3. Rio Chipe, principal fuente de agua de la zona.

Asimismo, la zona es de carácter agrícola y predominan los productos tropicales; en parte destinados al consumo interno y otra parte importante a la exportación. Esta región está formada por una gran cantidad de empacadoras de banano (Figura 3.6), piladoras, entre otras empresas. En el cantón se produce toda clase de productos agrícolas especialmente palma africana, banano, cacao, soya, café, plátano, arroz, maíz, maracuyá y una gran variedad

de cítricos y frutas tropicales. También se desarrollan actividades ganaderas, siendo el sector de [la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca](#) el que más genera la mayor parte del empleo en la zona y concentrando una ocupación de la mano de obra del 70,3% (Figura 3.5). Sin embargo, las empresas bananeras de la zona utilizan mayoritariamente agroquímicos y provocan graves problemas de contaminación medioambiental que tienen su imagen más visible en la desaparición de los peces de zonas, donde tradicionalmente eran abundantes (Figura 3.7). Autores con Rodríguez et al (2015) señalan la progresiva rotura de estos frágiles ecosistemas.



Figura 3.4. Rio Chipe, fuente de recreación y lavado de ropa.



Figura 3.5. VALENCIA: Población Ocupada por Rama de Actividad.

Fuente: INEC - Censo de Población y Vivienda 2010



Figura 3.6. El banano, cultivo predominante en la zona.



Figura 3.7. Publicidad de empresas de aplicación de agroquímicos en la zona.

La pobreza en el cantón Valencia, establecida por NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas), es del 95%, lo que equivale a un 6,2% por encima de los 89,6% de la provincia de los Ríos y 20,4% mayor al porcentaje nacional (Figura 3.8). El NBI es un método directo para identificar carencias críticas en una población y caracterizar la pobreza, considerando cuatro áreas de necesidades básicas de las personas (vivienda, servicios sanitarios, educación básica e ingreso mínimo, estas cifras son bastante críticas y ponen de manifiesto la importancia de ahondar en estudios de investigación que ayuden a potenciar los recursos autóctonos de la zona, generando valor agregado y desarrollo endógeno.

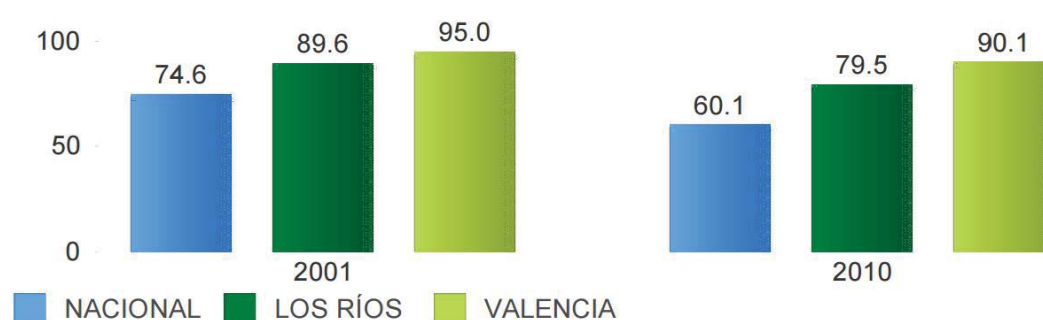


Figura 3.8. Nivel de pobreza. NBI Intercensal 2001 – 2010.



Figura 3.9. Medios de vida en la zona.

Los habitantes de la zona se caracterizan por tener bajo índice de escolaridad, falta de oportunidades de trabajo y poco conocimiento de producciones agrícolas que podrían ser la fuente de generación de riquezas y mejores condiciones de vida, para alcanzar niveles adecuados alimentación y contribuir a la soberanía alimentaria. Estudios recientes muestran como a medida que disminuye la soberanía alimentaria aumenta la migración de la población (en relación 1 a 1,9%).



Figura 3.10. Vivienda típica familiar en la zona rural.

La red de infraestructuras es escasa y deficiente lo que favorece el aislamiento e incrementa los problemas derivados de los fenómenos naturales; tales como inundaciones, terremotos, deslizamientos de tierra, sequías prolongadas, etc. Todo esto y a pesar del profundo esfuerzo del Estado dentro del Plan Nacional del Buen Vivir, obliga en muchos casos y de modo periódico a construir viviendas improvisadas, de bajo coste, con materiales de la zona y suspendidas sobre una base de madera (Figura 3.10), que configuran un paisaje propio y determinan los medios de vida existentes.

La familia rural, que generalmente es numerosa, se encuentra predispuesta de modo permanente al aprendizaje de tecnologías de manejo de sus recursos naturales y su potencial está en las personas muy jóvenes que pueden contribuir con el desarrollo agropecuario de su entorno, paliar el problema de la soberanía alimentaria y contribuir a una alimentación adecuada de su familia. *El doctorando, tras más de 20 años como Rector del Colegio Valencia, constata esta realidad año tras año y todo ello le motiva a desarrollar investigación aplicada en la zona y transferencia de modo simultaneo.*



Figura 3.11. Familia numerosa, con predominancia de jóvenes.

Una de las principales fuentes de proteínas accesibles; tanto por disponibilidad, precio como calidad, son los peces nativos de agua dulce (Figura 3.12); sin embargo, es importante destacar que la oferta de estos peces es escasa e insuficiente ante el grave problema de desnutrición infantil que supera el 30% en estas zonas.

Los espejos de agua por acumulación de agua de la época lluviosa o generados por los ríos del lugar son propicios para la investigación, producción y conservación de las especies nativas. Constituyen una fuente de agua por estar rodeada de una rica y abundante vegetación de árboles y arbustos, que contribuyen al ciclo biológico del ecosistema (Figura

3.13). Escenario a partir del cual se empezaron a desarrollar los módulos experimentales en la zona con la implementación de estanques y jaulas de cría.



Figura 3.12. Pescado de agua dulce, como fuente de proteína por la población rural.



Figura 3.13. Espejos de agua de la Finca Estero de Piedra.

Así, se establece como objetivo de este primer trabajo, determinar las condiciones de cría en cautividad de la Vieja Colorada, ver su capacidad de adaptación al confinamiento y determinar la curva de crecimiento y la conversión alimenticia de la *Cichlasoma festae* con alimento balanceado.



Figura 3.14. Espejos de agua de la finca Estero de Piedra, estanque de 5.000m².

Tal vez pueda parecer un objetivo simple, pero los sucesivos fracasos de cría en cautividad desarrollados por distintos investigadores, la dificultad de iniciar investigación en una actividad no prioritaria y la misma incompreensión de estudiar una especie nativa frente a las comerciales como la tilapia, nos hace ser cautos en cada paso que vamos dando desde el año 2012.

-Objetivo general: Conocer las condiciones de cría de juveniles de vieja colorada *Cichlasoma festae* en confinamiento.

-Objetivos específicos:

- Evaluar la adaptación al consumo de alimento exógeno y confinamiento, en el cultivo a nivel experimental de juveniles silvestres de *Cichlasoma festae*.

- Determinar el porcentaje de proteína más adecuado para la etapa de crecimiento de juveniles de vieja colorada *Cichlasoma festae*.
- Determinar la conversión alimenticia.

En cuanto a las condiciones específicas del campo experimental, se tomaron en consideración variables relativas a las Instalaciones, condiciones ambientales y procedencia de las muestras.

-Instalaciones.

Las instalaciones para el presente experimento estaban compuestas por un estanque de 5.000 m² (Figura 3.14) lugar donde se encuentran los pies de cría y un estanque de 1.200 m² donde se ubicaron las 18 jaulas experimentales. El estanque de 1.200m² dispone de una profundidad de 2,5 metros. Es una construcción de tierra permeable con diques en forma trapezoidal, con entrada del agua mediante canales de tierra y donde el agua se recambia exclusivamente por la fuerza de la gravedad (Figura 3.17 y 3.18), y la salida de agua del estanque se realiza por tubos de hormigón armado de 30 pulgadas con sus respectivos filtros. El agua proviene desde una fuente natural y se desplaza por gravedad, el perímetro del estanque estaba completamente libre de vegetación lo que permitía una excelente luminosidad y evita la presencia permanente de depredadores.



Figura 3. 15. Conducción del agua por canales de tierra por gravedad.



Figura 3. 16. Conducción del agua entre estanques.



Figura 3. 17. Ingreso del agua desde el canal.

Las 18 jaulas fueron de 1m^3 cada una, construidas en estructura de tubo redondo galvanizado de 18mm de diámetro y 1,2mm de espesor, suspendidas en flotadores de polietileno, cubriendo la parte superior con malla anti depredadores. Las paredes y el fondo se construyeron con malla plástica de ojo de 25mm, para simular, de este modo, un espacio lo más ajustado al hábitat natural de la especie estudiada (Figura 3.15).

Durante todo este proceso, participaron activamente todos los miembros de la familia, y fueron asumiendo la experiencia como algo propio. Es importante este empoderamiento del proceso ya que además de contribuir al desarrollo territorial evita errores y se incorporan sus habilidades en la experiencia. Uno de los propósitos de la experiencia es que consideren la actividad como propia, que se sientan orgullo de la actividad que están realizando y lo identifiquen como necesario para la zona y perciban su viabilidad como futuro emprendimiento.



Figura 3. 18. Jaulas con estructura de tubo galvanizado recubierta de maya plástica.



Figura 3. 19. Caña guadua utilizada para la estructura del módulo y sujeción de las jaulas.



Figura 3. 20. Detalle de jaula de adaptación de los juveniles seleccionados.



Figura 3. 21. Detalle de construcción de un módulo de tres jaulas.



Figura 3. 22. Ubicación de las jaulas en el estanque de 1.200m².



Figura 3. 23. Vista panorámica de la ubicación de los tratamientos.

- Parámetros físico químicos del agua.

Los registros de la información y la observación *in situ* constituyen herramientas determinantes del éxito de la experiencia, profundizar en el conocimiento del comportamiento de esta especie es esencial y las aportaciones de cada miembro de la familia resultaron de gran interés y hemos intentado incorporarlas en los procesos.

Durante los 90 días de duración de la experiencia, en el estanque donde se encontraban todos los tratamientos, se registraron valores de oxígeno disuelto de $6,44 \pm 0,09$ (mg/l), con el uso de un oxímetro marca YSY, modelo 51-B, con precisión de 0,2 mg/l. Para la medición de la temperatura del agua se utilizó un termómetro Brannan, arrojando valores de $25,64 \pm 0,82^{\circ}\text{C}$ y para la medición del pH se utilizó un peachimetro marca Corning, con el que se obtuvieron valores de $6,98 \pm 0,03$. En este caso es importante destacar que, al encontrarse todos los tratamientos en el mismo estanque con los mismos parámetros ambientales, estos factores, no son causa de variaciones en los tratamientos.



Figura 3. 24. Observación diaria del comportamiento de los peces del experimento.



Figura 3. 25. Oxímetro.



Figura 3. 26. Peachímetro.

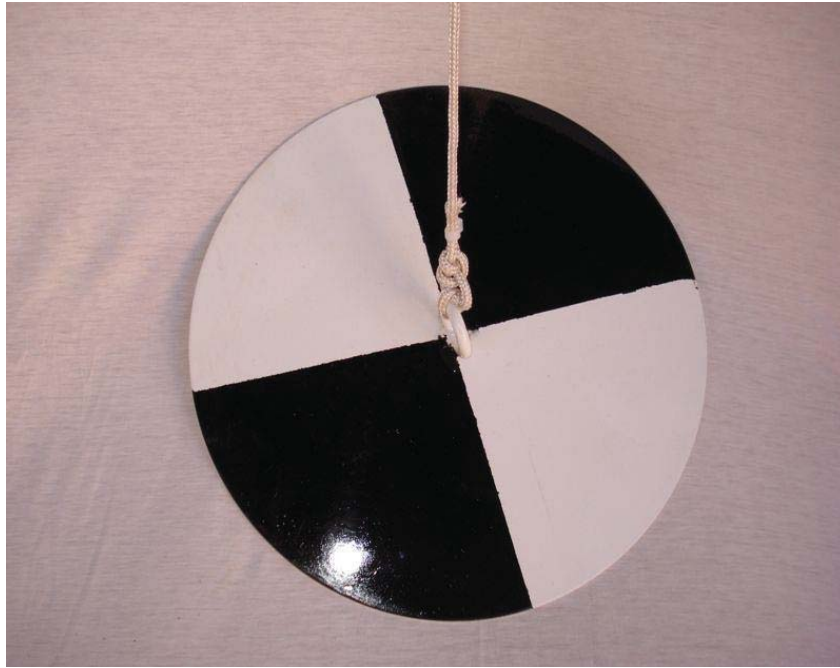


Figura 3. 27. Disco Secchi.

-Condiciones ambientales

La zona del estudio está constituida por múltiples afluentes de ríos y se encuentra a 50km de la represa hidroeléctrica Daule-Peripa que tiene una extensión de 36.000 hectáreas, lo que garantiza una provisión permanente de agua de calidad y además permite la repetición de esta experiencia en otros enclaves, con un potencial similar para el crecimiento de la especie *Cichlasoma festae* (vieja colorada).

Esta provisión de agua facilita el llenado de los estanques por gravedad y la evacuación del agua de desecho por la topografía del terreno. La vegetación que más predomina está constituida por bosque natural, cultivos de cacao, banano, arroz, maíz, soya, pastizales etc., y con estos cultivos se arrastra también el uso de pesticidas que contribuyen negativamente en la contaminación del agua. La temperatura media es de 25,5°C, y la variación de temperatura del agua entre días y durante todos los meses del año es escasa.

- Obtención de los animales de la muestra

Se utilizaron 180 alevines, provenientes de la captura desde un estanque de presa de 5.000m² y 4 metros de profundidad ubicado a 200 metros del estanque experimental. Los

alevines fueron obtenidos a partir de un plantel de reproductores constituido por 50 adultos hembras y 30 machos de más de 400 gramos de peso vivo que se capturaron y se colocaron en el estanque de 5.000m², con objeto de reproducirlos en cautividad, con alimentación natural del estanque y sin alimentación suplementaria. Se recogieron 600 alevines, con la ayuda de una malla de 200 metros de largo por 6 metros de alto (Figura 3.27). Posteriormente fueron trasladados en cubetas de plástico al estanque de experimentación, introducidos en dos jaulas de adaptación de 9m³. Con la finalidad de que se adapten al cautiverio, los juveniles se los mantuvo en las jaulas de adaptación por un lapso de 30 días, proporcionándoles alimento balanceado.



Figura 3. 28. Extensión de la red en el curso de agua.



Figura 3. 29. Captura de los peces de la muestra.



Figura 3. 30. Transporte de Juveniles de Vieja Colorada.



Figura 3. 31. Manejo.

Transcurrido un periodo inicial de adaptación de 30 días, se seleccionaron peces libres de lesiones y malformaciones. La muestra fue medida y pesada de forma individual, constituida por: juveniles con un peso y una longitud promedio de $30,4 \pm 0,4\text{g}$ y $95,6 \pm 20\text{mm}$, respectivamente (Figura 3.30). Colocando, posteriormente 10 animales en cada una de las dieciocho jaulas. A partir del promedio de peso resultante se elaboró el histograma de frecuencia que se muestra en la figura 3.33.



Figura 3. 32. Medición de peces en el ictiómetro.



Figura 3. 33. Medidas morfométricas con Pie de Rey.



Figura 3. 34. Medidas morfométricas.

-Tratamientos y diseño experimental.

Los animales de la muestra seleccionada, se distribuyeron en 3 tratamientos con 6 repeticiones cada una y cada lote con 10 peces, un total de 180 animales y mediciones cada 30 días. Se utilizó el DCA considerando que las unidades experimentales eran homogéneas en peso, longitud, y en el lugar experimental los parámetros ambientales eran similares para todos los tratamientos. De esta manera, se determinó la curva de crecimiento de los juveniles, con alimentación a base de balanceado comercial de T1-36%, T2-32% Y T3-28% de proteína siendo muy similares sus otros componentes: grasa, fibra y humedad. En resumen, se evaluó el crecimiento de los peces sembrados con una densidad 10 peces/m³ y alimentados con piensos comerciales desde el inicio de la fase hasta el día 90 de crecimiento de los juveniles.

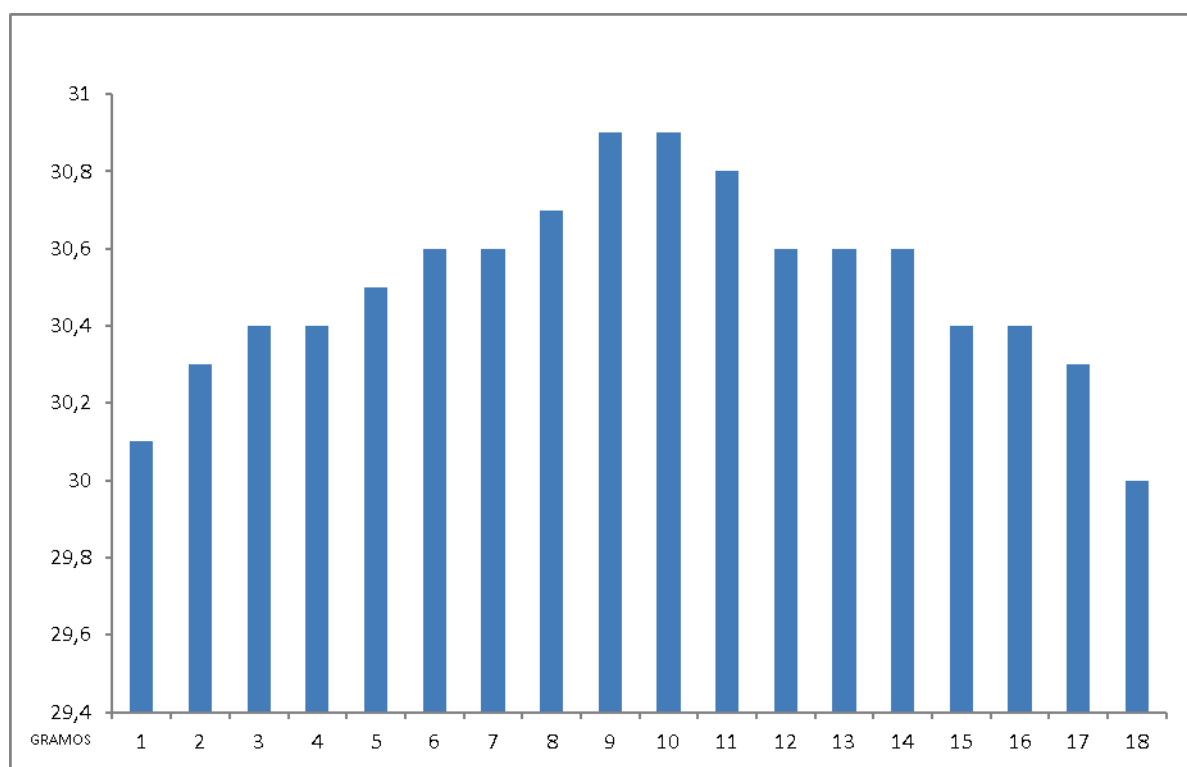


Figura 3. 35. Histograma de frecuencia del peso inicial de las 18 unidades experimentales.

Tabla 3. 1. Condiciones experimentales de los animales.

Tratamiento	Peso (g)	Repetición	Peso Lote (g)
T1-36%	30,37	R1	30,6
		R2	30,5
		R3	30,9
		R4	30,6
		R5	30,6
		R6	30,4
T2-32%	30,55	R1	30,6
		R2	30,5
		R3	30,9
		R4	30,6
		R5	30,6
		R6	30,4
T3-28%	30,6	R1	30,6
		R2	30,5
		R3	30,9
		R4	30,6
		R5	30,6
		R6	30,4

Tabla 3. 2. Distribución de animales por lotes y tratamientos.

Nº animales\tratamientos	T1-36%	T2-32%	T3-28%
Lote 1	10	10	10
Lote 2	10	10	10
Lote 3	10	10	10
Lote 4	10	10	10
Lote 5	10	10	10
Lote 6	10	10	10

Tratamiento 1: 10 juveniles de Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), alimentados con ración balanceada de alimento concentrado, tipo extrusionado para tilapia, con un nivel de proteína de 36%.

Tratamiento 2: 10 juveniles de Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), alimentados con ración balanceada de alimento concentrado, tipo extrusionado para tilapia, con un nivel de proteína de 32%

Tratamiento 3: 10 juveniles de Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), alimentados con ración balanceada de alimento concentrado, tipo extrusionado para tilapia, con un nivel de proteína de 28%.

La composición del alimento se determinó en el Laboratorio de Bromatología, de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, tal y como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3. 3. Análisis químico del alimento comercial con tres niveles de proteína.

Composición\Tratamiento	T1-36%	T2-32%	T3-28%
Proteína (%)	36	32	28
Extracto etéreo (%)	4,01	4,2	4,4
Fibra bruta (%)	9,67	8,10	8,56
Cenizas (%)	5,30	5,20	6,24
m.e.l.n. (2)	34,59	42,56	46,48

m.e.l.n. Materia extractiva libre de nitrógeno

El alimento se suministró en tres raciones diarias, a las 7 de la mañana, 12 de mañana y 6 de la tarde, siete veces a la semana y de modo ininterrumpido durante los 90 días. La cantidad de alimento proporcionado se estimó en una tasa del 4% del peso vivo, y se determinó según la biomasa tratamiento, y se ajustó de acuerdo al nivel de aceptación del alimento por los juveniles en la etapa de adaptación.

Consumo diario de alimento (CD)= (Biomasa x tasa de alimentación) /100.

Consumo total(CT)=El consumo diario de alimento x tiempo.

El alimento fue suministrado en forma manual controlada, administrándose de modo dosificado y considerando la tasa de alimentación aceptada por la *Cichlasoma festae* en la etapa de adaptación, para evitar las perdidas hacia el fondo del estanque (Espinoza y Labarta, 1987). De esta manera, se consideró como adaptación al cautiverio desde el momento que el pez realiza sus actividades normales, en especial la aceptación del alimento y un índice de mortalidad reducido. La frecuencia de alimentación estuvo relacionada con lo indicado por Espinoza y Labarta (1987), que recomiendan la alimentación múltiple diaria frente a una toma y donde adquiere la frecuencia adquiere gran importancia en las etapas iniciales del crecimiento. Esto motivo que se administrase la ración en tres tomas por día. Asimismo, indican que la alimentación no debe ser interrumpida en todo el proceso (Dupree y Huner, 1984), por ello se utilizó esta rutina los siete días de la semana.

La cantidad de alimento diario proporcionado se calculó en base al peso de la biomasa. La tasa de alimentación está relacionada con el índice de conversión de alimento, de tal modo que existe un nivel óptimo (Stigney, 1979) y gracias a las experiencias realizadas en numerosas condiciones, se han podido establecer tablas de alimentación confiables (Espinoza y Labarta, 1987).

- Mediciones de los peces.

Se tomó el peso al inicio del experimento y luego cada 30 días, de todos los peces de cada tratamiento, se utilizó una balanza de precisión gramera marca Medi-data ps5 (Figura 3.34), se pesaron y midieron a los, 0, 30, 60 y 90 días. En esta experiencia y de acuerdo a la

bibliografía se intentan identificar de modo individual los animales, de modo que se pudiera seguir la evolución de cada animal. Para ello y tras múltiples pruebas se optó por un sistema de hilos de colores colocados en la espina inferior del lóbulo inferior de la aleta caudal. Se utilizaron diez hilos de colores y cada uno representaba al número del pez, desde el 1 al 10 y de este modo fue posible identificar cada animal en cada control. Para el control de la longitud estándar se utilizó un ictiometro, se tomó la medida de la longitud desde el hocico hasta el inicio de la aleta caudal.



Figura 3. 36. Pesaje de Juvenil de Vieja Colorada.

De esta manera, las observaciones y datos obtenidos se utilizaron para la descripción y cálculo de los siguientes parámetros: Adaptación, Consumo de alimento (C.AL), Incremento promedio de peso (PG), Biomasa Total (BT), Ganancia de Biomasa(GB), Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA), Tasa de Crecimiento Específico (SGR), Supervivencia (SUP), Conversión alimenticia (CA) Valor proteico productivo (PPV); Tasa de eficiencia proteica (PER) y Factor de condición (FC).

Incremento promedio de peso (PG)

Peso promedio ganado por cada pez en un tiempo determinado, según Gracia-López y Castello-Orvay (1996), según la expresión: $PG = WT - WI$.

Donde:

WT = peso promedio del pez a los t días del experimento

WI = Peso promedio del pez al momento de la siembra

Biomasa total (BT)

Representa el peso total producido por los peces en todo el experimento o por unidad experimental en un tiempo determinado, según la expresión: $Bt = Pt * Nt$.

Donde:

Pt = Peso promedio de los peces al tiempo t

Nt = número de organismos al tiempo t

Ganancia en biomasa (GB)

Expresa el incremento de biomasa en un periodo de tiempo, según la expresión: $GB = BF - BI$.

Donde:

Bf = Biomasa final

Bi = Biomasa inicial

Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

La relación expresa la ganancia de peso del organismo en gramos al día (Gracia-López y Castello-Orvay, 1966), según la expresión: $TCA = PF - Pi / \text{días}$.

Donde:

Ff = Peso promedio final de los peces

Pi = Peso promedio inicial de los peces

Tasa de crecimiento específico (SGR)

Expresa el porcentaje de incremento en peso del organismo al día (Lazo y Davis, 2000), según la expresión:

$$SGR = (\ln Pf - \ln Pi / \text{días}) * 100.$$

Donde:

$\ln Pf$ = logaritmo neperiano del peso promedio de los peces en el día t

$\ln Pi$ = Logaritmo neperiano del peso promedio de los peces al inicio

días = tiempo

Porcentaje de supervivencia (SUP)

Es un indicador de la resistencia de los organismos al manejo y al confinamiento, expresado como porcentaje (Weatherley y Gill, 1987), según la expresión:

$$SUP = (Nt/Ni) * 100$$

Donde:

Nt = Numero de peces vivos al tiempo t

Ni = número de peces iniciales

Conversión alimenticia (CA)

Se define como una ganancia de peso obtenida a partir de una unidad de peso de alimento.

Un valor de 1 indica un aprovechamiento perfecto del alimento para producir una unidad de biomasa corporal (Hepher, 1993), según la expresión: $FCA = Pa/Pg$.

Donde:

Pa = Peso del alimento ingerido

Pg = Peso Fresco ganado por el pez

Valor proteico productivo (PPV)

Este índice muestra la relación de la proteína retenida en los tejidos del pez y la consumida en el alimento.

En este criterio se toma en cuenta la transformación de la proteína suministrada en la dieta, en proteína corporal (Hepher, 1993), según la expresión: $PPV = (Pfp - Pip/Pt) * 100$.

Dónde:

Pft = Proteína total final en los peces

Pip = Proteína total inicial en los peces

Pt = Peso total de la proteína del alimento suministrado

Tasa de eficiencia proteica (PER)

Esta tasa compara en términos de ganancia en peso corporal por gramo de proteína suministrada en el alimento. Esta relación evalúa el contenido de proteína en el alimento, mientras más grande sea el PER, más eficiente será la asimilación de proteína en el alimento (Watanabe, 1988), según la expresión: $PER = Pg/Psp$.

Donde

Pg = Peso fresco ganado por el pez

Psp = Peso seco de la proteína en el alimento suministrado

Factor de condición (FC)

Índice de estado de robustez para los peces de tipo fusiforme, expresando la relación del crecimiento de los animales, en función de su peso y longitud, si se ha desarrollado más a lo ancho que a lo largo, indica un cierto grado de engrasamiento y una ingesta proporcionalmente hipercalórica, (Weatherley y Gill, 1987). Los valores iguales a tres son considerados como un crecimiento homogéneo, valores mayores o menores son considerados como crecimiento heterogéneo (Weatherley y Gill, 1987).

$$FC = (PT/LT^3) * 100$$

Donde:

Pt = Peso promedio de los peces al tiempo t

Lt = Longitud promedio de los peces al tiempo t

Para los índices de crecimiento en peso y longitud se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), y posteriormente con la prueba de Tukey, donde se determinaron las diferencias estadísticas entre tratamientos. Se consideró un nivel de confianza del 95% (significancia $p < 0,05$) y las pruebas estadísticas se realizaron con el programa SAS.

Resultados y Discusión

Comportamiento de la Vieja Colorada

La *Cichlasoma festae* silvestre se mostró neurasténica durante los primeros cuatro días después de la manipulación, por lo que los juveniles se ubicaron al fondo de las jaulas y no mostraban interés ante la presencia del alimento exógeno. Al quinto día de confinamiento comenzaron a aceptar lenta pero progresivamente el alimento. La presencia de los juveniles en la superficie del agua era fugaz y esporádica; tan sólo aparecían en superficie para recoger el alimento durante un corto intervalo de tiempo. Este comportamiento de huida, ante la presencia humana, lo mantuvieron en el transcurso de toda la experiencia.

Respecto a las condiciones medioambientales, se consideró que la concentración de oxígeno en el agua fue la adecuada ($6,44 \pm 0,09$). Con valores por encima de lo manifestado por (Martínez-Palacios y Ross, 1986) que manifiestan que las condiciones de hipoxia en ciclidos aparece con valores inferiores a 3,5mg/l. En el presente trabajo experimental los parámetros fueron propios del hábitat de la *Cichlasoma festae*. La temperatura del agua durante el desarrollo del experimento fluctuó entre 24 y 27 °C ($25,64 \pm 0,82$), valor aceptable dentro del rango de los ciclidos. Los valores de amonio se mantuvieron por debajo de los límites de detección del test utilizado y las concentraciones de nitritos estuvieron siempre por debajo de 0,1mg/l.

No hubo brotes de enfermedades, ni mortalidades importantes durante el proceso de captura y manejo de los juveniles de *Cichlasoma festae* en el estanque de origen, ni en el transporte de los animales hasta situarlos en el estanque definitivo donde se desarrolló la experiencia en las jaulas. Asimismo, en el transcurso de la experiencia no se registró mortalidad durante la manipulación de los animales, ni durante el proceso de medida, pesaje y tiempo de experimentación de los juveniles. Estos resultados nos sorprendieron y fue un indicador de confianza en el manejo realizado y por otra parte un indicador de bienestar que puso de manifiesto que los animales no fueron sometidos a circunstancias adicionales estresantes. Por otra parte, puso de manifiesto la resistencia de este recurso nativo a la manipulación y su capacidad de adaptarse al confinamiento. Contradice al comportamiento del cíclido *C. urophthalmus* descrito por Chavez (1990); Martínez-Palacios *et al.* (1996b); Chávez-Sánchez *et al.* (2000) indican alta mortalidad y la asocian al comportamiento agresivo

y territorial de la especie, así como a los problemas derivados de la introducción de peces en nuevos hábitats.

El crecimiento de peces en jaulas es una práctica utilizada habitualmente en otras especies, como el robalo asiático (Chou y Lee, 1997; Castello-Orvay, 1993), la carpa y en la actualidad la penga. La densidad de población puede ser elevada, en el ciclido tilapia con valores que superan los 100 kilos por metro cuadrado. Por lo que la densidad utilizada de 10 peces por m² del presente trabajo no actuó como factor limitante en el crecimiento en jaulas. Se buscó favorecer su comportamiento gregario y a la vez evitar la competencia por el espacio, dentro de unos rangos próximos a los valores habituales en confinamiento.

Consumo de alimento

Los tres piensos comerciales, que se utilizaron en la experiencia, fueron aceptados por los animales con similar avidez y sin variaciones de consideración durante el transcurso de las mediciones. No se consideró que el pienso utilizado actuara como limitante del consumo. Siempre se proporcionó la porción de alimento recomendada por distintos autores, en torno al 4% de la biomasa existente en cada jaula (New, 1987). La evolución del consumo de alimento se muestra en la tabla 3.3 y se evidenciaron diferencias significativas en el consumo de alimento entre T1, T2 y T3 y al corregir estos datos por animal (Tabla 3.4.) las diferencias se manifiestan entre T1 y T3.

Tabla 3. 4. Evolución del consumo (media \pm DT) en juveniles de vieja colorada (g).

Trat.\Control (d)	0-30	0-60	0-90
T1-36%	2.203,2 \pm 2,0	6.120 \pm 3,6	11.764,8 \pm 2,7 ^c
T2-32%	2.186,4 \pm 2,5	5.910 \pm 5,2	11.193,6 \pm 4,0 ^b
T3-28%	2.199,6 \pm 3,5	5.762,4 \pm 2,6	10.654,8 \pm 2,1 ^a

Tabla 3. 5. Valores promedio del consumo por pez.

Trat.\Control	0-30	30-60	60-90
T1-36%	73,44	130,5	188,3 ^b
T2-32%	72,88	124,13	176,1 ^{ab}
T3-28%	73,32	118,76	163 ^a

A pesar de que el consumo no actuó como limitante, durante la experiencia, surgieron otros interrogantes adicionales de cara a futuras investigaciones; *¿Cuánto alimento vivo han consumido y cuál es la preferencia de los animales?*. No obstante, estos interrogantes no distorsionan los resultados ya que este factor actúa por igual en los tres tratamientos.

Incremento de peso

En la Tabla siguiente se muestra la evolución del peso vivo de los peces durante la experiencia. Se obtuvieron diferencias significativas por tratamiento desde el día 30 y estas se mantienen hasta el final. El crecimiento fue superior en el lote alimentado con una ración con un 36% en proteína, en tanto que fue inferior a medida que disminuye el porcentaje de proteína ($p<0,05$). Asimismo, los peces fueron aumentando el peso conforme transcurrió la experiencia con diferencias significativas en cada una de las pesadas ($p<0,01$).

Tabla 3. 6. Evolución del peso vivo por animal (g) según tratamiento y control (d)

Trat.\Control (d)	0	30	60	90
T1-36% ⁽¹⁾	30,37	54,48 ^c	78,32 ^c	111,02 ^c
T2-32% ⁽¹⁾	30,55	51,72 ^b	73,38 ^b	95,17 ^b
T3-28% ⁽¹⁾	30,6	49,48 ^a	67,95 ^a	90,57 ^a
TOTAL ⁽²⁾	30,51 ^a	51,89 ^b	73,22 ^c	98,92 ^d

⁽¹⁾ Letras diferentes entre filas indican diferencias significativas $p<0,01$ según tratamiento

⁽²⁾ Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas $p<0,01$ entre controles

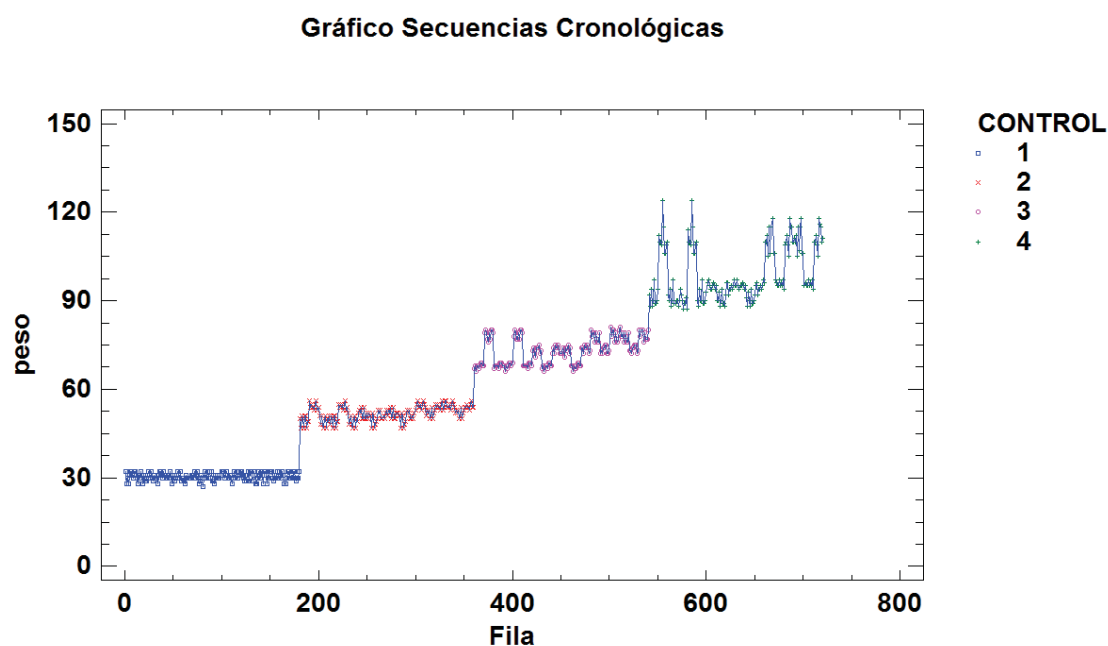


Figura 3. 37. Evolución del peso en el tiempo.

Resultados coincidentes con lo indicado por New (1987) en tilapia en el intervalo desde los 10 g a los 250g que recomienda piensos con un 25 a 35 % de proteína en la dieta. Sin embargo, de manera específica para la *Cichlasoma festae* no existen reportes sobre el crecimiento de dicha especie en base a porcentaje de proteína en la dieta, por lo que es importante determinar las necesidades alimenticias de la especie para el cautiverio (*línea futura de investigación, determinación de los requerimientos nutricionales de C. festae*).

Los estudios realizados por Martínez-Palacios (1988), indican que los alevines de *Cichlasoma staliun* no alcanzaron más de 50 g de peso vivo. Dávalos (2006) evaluó el efecto de la dieta sobre la supervivencia, el crecimiento y la sustitución de la harina de sardina por harina de cerdo en *Oreochromis niloticus*. Al evaluar el efecto de la proteína en la dieta en *I. punctatus* se obtiene que dietas con 28% de proteína tuvieron mayor tasa de conversión alimenticia frente a dietas con un 24% de proteína (Li *et al.*, 2000); sin embargo en el presente ensayo se alcanzó un peso de $111,0 \pm 5,50$ gramos en 90 días de investigación con alimento balanceado que contenía 36% de proteína.

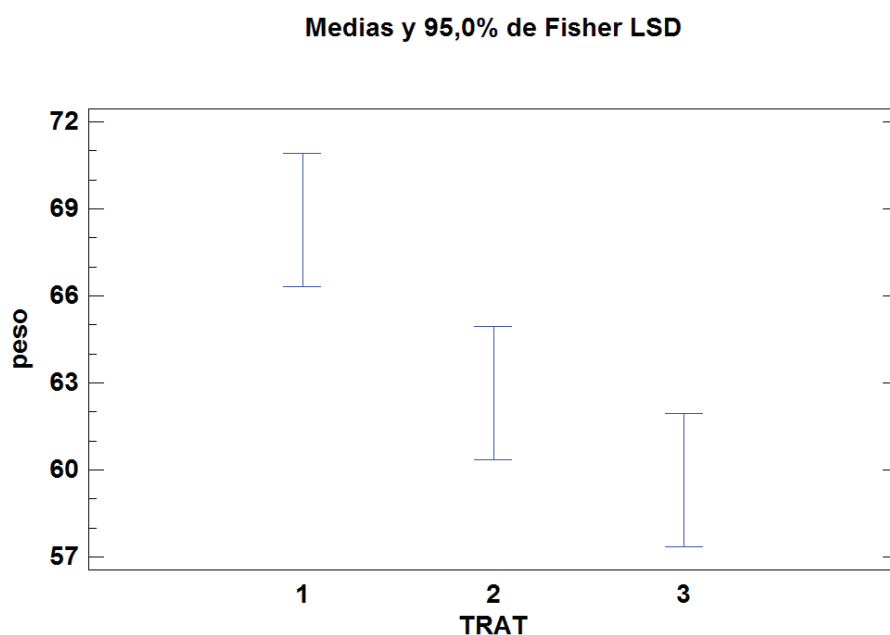


Figura 3. 38. Comparación de pesos por tratamiento.

Asimismo, los resultados obtenidos fueron superiores a los de Martínez-Palacios (1988) en alevines de *Cichlasoma staliun*, y similares a los obtenidos por Dávalos (2006) en *Oreochromis niloticus* con dietas con un 35,5% de proteína. El *Cichlasoma festae* muestra un comportamiento similar al del *Oreochromis niloticus* y el *Cichlasoma staliun* en lo referente al incremento de peso con alimento concentrado y situaciones de confinamiento.

Como limitante del estudio, cabe plantearse ¿Qué resultados se hubieran obtenido si se hubieran utilizado mayores niveles de proteína de los recomendados u otro tipo de alimento concentrado; tanto en composición, tamaño del alimento y tipo del mismo?.

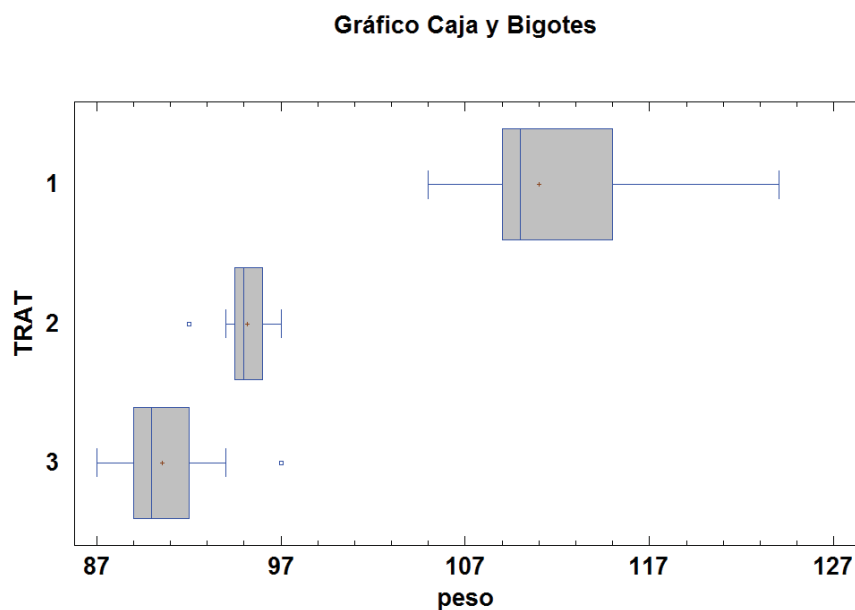


Figura 3. 39. Comparación de pesos por tratamiento para control =4.

Longitud

Se obtuvieron diferencias significativas en la longitud de los peces según nivel de proteína y control ($p < 0,01$), y estas diferencias se mantuvieron durante toda la experiencia. Los animales con un balanceado del 36 % de proteína obtuvieron mayor crecimiento y este fue decreciendo a medida que se disminuye el nivel de proteína en la dieta. Los resultados obtenidos fueron conformes a la correlación peso-diámetro indicada por Moya *et al.* (2014) y Rodríguez *et al.* (2014). Fuera del ámbito del estudio y de modo complementario destacan los trabajos realizados en *Ciclasoma istalium* que evidencian mayor crecimiento en animales alimentados con alimento vivo frente al uso de balanceado (Luna-Figueroa, 2000).

Tabla 3. 7. Evolución de la longitud por animal (ml) según tratamiento y control (d).

Trat.\Control (d)	0	30	60	90
T1-36% ⁽¹⁾	94,6±,17	115,0±,14 ^c	136,5±,08 ^c	145,1±,31 ^c
T2-32% ⁽¹⁾	94,5±,30	113,4±,73 ^b	134,5±,17 ^b	136,7±,18 ^b
T3-28% ⁽¹⁾	94,6±,23	111,6±,20 ^a	131,1±,24 ^a	134,6±,20 ^a
TOTAL ⁽²⁾	94,57 ^a	113,24 ^b	134,03 ^c	138,79 ^d

⁽¹⁾ Letras diferentes entre filas indican diferencias significativas $p < 0,01$ según tratamiento

⁽²⁾ Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas $p < 0,01$ entre controles

Gráfico Secuencias Cronológicas

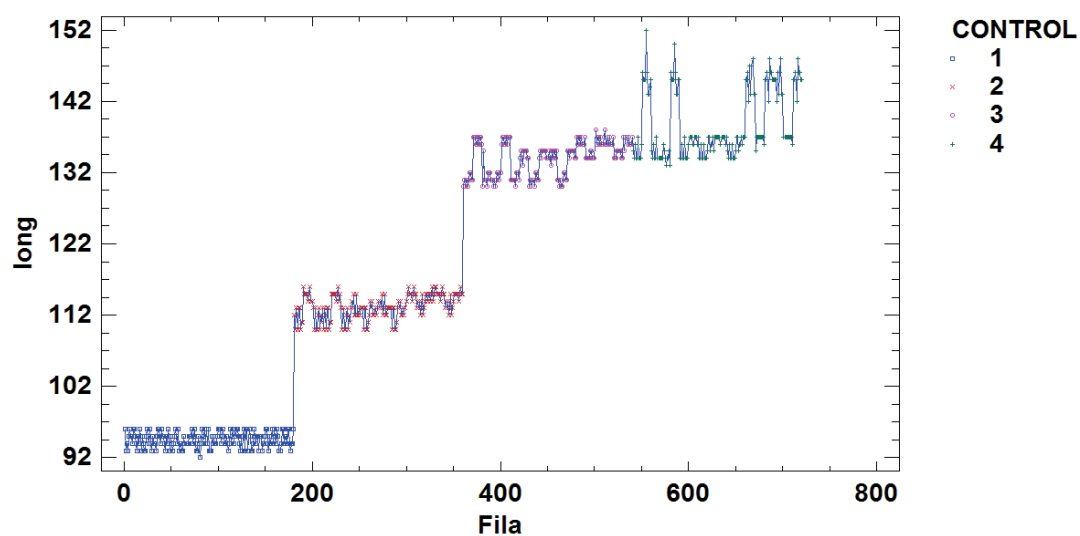


Figura 3. 40. Evolución de la longitud en el tiempo.

Medias y 95,0% de Fisher LSD

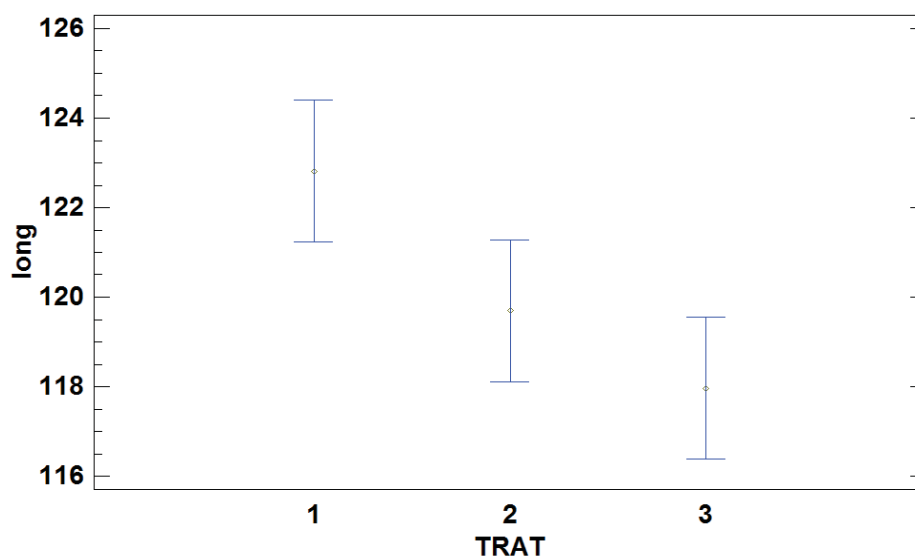


Figura 3. 41. Comparación de longitudes por tratamiento.

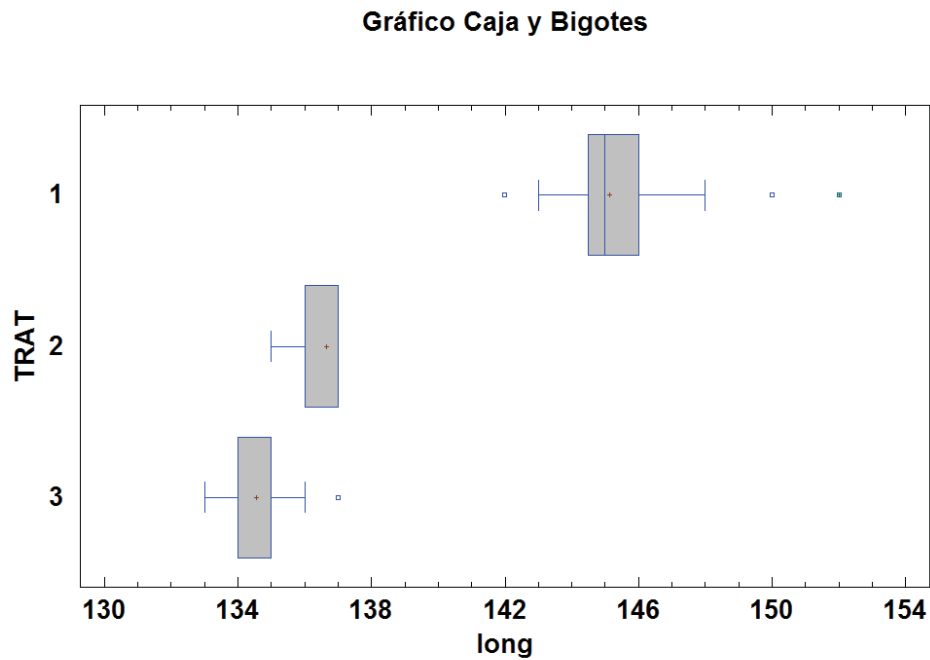


Figura 3. 42. Comparación de longitudes por tratamiento para control =4.

Weatherley y Gill (1987), indican que los valores iguales a tres son considerados como un crecimiento homogéneo, valores mayores o menores son considerados como crecimiento heterogéneo; en el presente trabajo los valores fueron mayor a 3, por lo que se considera que existió un crecimiento heterogéneo. Aunque nos cuestionamos la robustez del indicador obtenido ya que este resultado no era el objetivo del diseño experimental.

Biomasa total

La Biomasa total fue superior en T1 frente al resto de tratamientos (T1 vs T2 y T3). Los peces alimentados con la ración que contenía el 36% de proteína obtuvieron una biomasa de $6.661,0 \pm 5,0$ seguido del tratamiento 2 y 3, con $5.710,0 \pm 3$ y $5.434,0 \pm 5,3$ respectivamente, con diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 3 frente al tratamiento 1, con mayor biomasa en aquellos lotes (las seis repeticiones) con mayores niveles de proteína.

Aunque no hay referencias sobre la producción, alimentación y nutrición en cautiverio de *Ciclasoma istalium*, son animales omnívoros y en condiciones naturales consumen crustáceos, materia orgánica, plantas vasculares, larvas de insectos e insectos terrestres y peces (Béjar, 1983). Al respecto (Wootton, 1991) afirma que la reproducción y el crecimiento

son procesos complementarios pero ambos dependen de la energía y nutrientes presentes en los alimentos, por lo que el primer paso dentro de la acuicultura consiste en la aceptación del alimento suministrado a los peces, pero, además del efecto del alimento también interviene la especie, la talla, la edad y la condición fisiológica y física del animal, así como también las condiciones físicas y químicas del agua (Phillips, 1988).

Al respecto, Martínez- Palacios *et al.* (1996) afirman que existen muchas razones por las cuales hay necesidad e interés en el cultivo de especies nativas, y ha sido reciente el surgimiento de investigaciones y esfuerzos por conocer el potencial de nuevas especies para la acuicultura en muchas partes del mundo, principalmente México con especies como la mojarra criolla *C. istalium*.

Incremento de biomasa

El efecto del porcentaje de proteína del tratamiento 1 fue notorio desde los 30 primeros días del ensayo, donde se detectó que los animales que consumieron balanceado con 36 % de proteína su producción de biomasa fue $4.825,0 \pm 5,3$ mayor a los animales alimentados con 32 y 28 % de proteína, con incrementos de biomasa del $3.888 \pm 3,6$ y $3.601 \pm 2,3$ respectivamente ($p > 0,05$) (Tabla 3.7).

Tabla 3. 8. Biomasa ganada (g) por juveniles de vieja colorada (promedio \pm D.S.).

Tiempo en días	T1-36%	T2-32%	T3-28%
30	$1433 \pm 2,1$	$1281 \pm 2,1$	$1136 \pm 3,3$
60	$2863 \pm 2,9$	$2581 \pm 2,2$	$2244 \pm 1,7$
90	$4825,0 \pm 5,3^b$	$3888 \pm 3,6^a$	$3601 \pm 2,3^a$

Tabla 3. 9. Biomasa total en gramos (promedio \pm D.S.) de juveniles de vieja colorada.

Tiempo en días	T1-36%	T2-32%	T3-28%
0	$1836 \pm 1,6$	$1822 \pm 3,0$	$1833 \pm 2,2$
30	$3922,8 \pm 2,1$	$3723,6 \pm 2,1$	$3562,8 \pm 3,3$
60	$5638,8 \pm 2,9$	$5283,6 \pm 2,2$	$4892,4 \pm 1,7$
90	$6661,0 \pm 5,0^b$	$5710,0 \pm 3,6^a$	$5434,0 \pm 5,3^a$

Por otro lado, Oliveira y Cyrino, (2004) y Martínez-Palacios et al. (1990) obtuvieron una tasa específica de crecimiento de 1,88 utilizando una dieta de 40% de proteína en base a harina de pescado, en alevines de *C. urophthalmus* con pesos iniciales de 519 mg en peso húmedo. Chávez-Sánchez et al. (2000) utilizando dietas de 40% de proteína basadas en caseína, y con ejemplares del alrededor de 400mg de peso inicial obtuvieron tasas específicas de crecimiento entre 1,2 y 2,74 dependiendo de los niveles de calcio y fósforo de las dietas.

Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

La mayor tasa de crecimiento absoluto se obtuvo en los peces alimentados con balanceado que contenía el 36% de proteína TCA, $0,89 \pm 0,00$ desde el inicio del experimento hasta los 90 días, con diferencia significativas entre los tres tratamientos y una diferencia significativa del tratamiento 1 ($p < 0,05$) frente a los tratamientos 2 y 3 ($p < 0,05$). En otras experiencias realizadas por los autores del trabajo la tasa de crecimiento absoluto de los peces alimentado con balanceados para tilapias con el 32 y 28 % de proteína fue de $0,72 \pm 0,04$ y $0,67 \pm 0,00$ respectivamente (Medina et al., 2017).

Respecto a las tasas de crecimiento, Austreng y Refstie (1979) reportan que las tasas de crecimiento, en particular la específica, se incrementa con altos contenidos de proteína del alimento como sucedió con *C. istlanum* y es afectada por el tipo de alimento, la edad y talla de los organismos. Watanabe *et al.* (1990) obtuvo en tilapia una tasa de crecimiento absoluto de 1,94 g/día. Martínez-Palacios *et al.* (1996) obtuvieron tasas de crecimiento de 1,8 y 4 dependiendo de los porcentajes de proteína de dietas elaboradas. la tasa de crecimiento absoluto de $0,89 \pm 0,00$ para el tratamiento 1, y $0,72 \pm 0,04$ y $0,67 \pm 0,00$ para los tratamientos 2 y 3 respectivamente. Las tasas de crecimiento absoluto obtenidas por Watanabe (1990) y Palacios-Martínez (1996) son menores, debido probablemente a que faltaba, en la dieta, la inclusión de ingredientes que sean más digestibles en el tracto digestivo.

Tabla 3. 10. Tasa de crecimiento absoluto, TCA (g/d).

Tiempo en días	T1 36%	T2 32%	T3 28%
90	$0,89 \pm 0,00^b$	$0,72 \pm 0,04^a$	$0,67 \pm 0,00^a$

Tasa de crecimiento específico (SGR)

La tasa de crecimiento específico mayor la obtuvo el tratamiento 1, con un valor de $1,09 \pm 0,00$; encontrándose diferencia significativa ($p < 0,05$), frente a la tasa de crecimiento específico de los tratamientos 2 y 3, que fue $0,73 \pm 0,03$ y $0,75 \pm 0,00$ respectivamente, directamente influenciadas por el mayor contenido proteico de la dieta. Respecto a la tasa de crecimiento específico autores como (Jauncey, 1982) aseguran las tasas de crecimiento en particular la específica, se incrementan con los altos contenidos de proteína del alimento y es afectada por el tipo de alimento, la edad y talla de los organismos. Wood *et al.* (1983), Oliveira y Cyrino (2000) obtuvieron una Tasa específica de crecimiento de 1,88 utilizando una dieta de 40 % de proteína en base a harina de pescado. Tacón *et al.* (1983) obtuvo una tasa de crecimiento específica de 1,6 % en tilapias de 0,01 a 0,8 gramos de peso inicial, mientras que Jover *et al.* (1993) reporta tasa de crecimiento específico de 2,6p. 100/día para tilapias de 0,09g por otra parte, Wood *et al.* (1983) y Oliveira y Cyrino (2000) obtuvieron una tasa específica de crecimiento de 1,88 utilizando una dieta de 40 % de proteína.

Tabla 3. 11. Índice de crecimiento.

Índices	T1 36%	T2 32%	T3 28%
PG(g)	$80,4 \pm 0,09$	$64,8 \pm 0,18$	$60 \pm 0,22$
GB(g)	$4825 \pm 5,0$	$3888 \pm 3,6$	$3601 \pm 2,3$
TCA	$0,89 \pm 0,00$	$0,72 \pm 0,04$	$0,67 \pm 0,00$
SGR	$1,09 \pm 0,00$	$0,73 \pm 0,03$	$0,75 \pm 0,00$

*Peso ganado (PG.), ganancia en biomasa, (GB) tasa de crecimiento absoluto, (TCA), y tasa de crecimiento específico (SGR).

En referencia a la tasa de supervivencia en el presente trabajo fue del 100%, no se registraron bajas en ninguno de los tres tratamientos (Tabla 3.11).

Tabla 3. 12. Porcentaje de supervivencia de los juveniles de vieja colorada alimentadas con 36,32, y 28 % de proteína en el balanceado.

Tratamiento	Vivos	Muertos	Total	% supervivencia
T1	60	0	60	100
T2	60	0	60	100
T3	60	0	60	100

Factor de conversión alimenticia (FCA)

El factor de conversión alimenticia FCA fue del $2,4 \pm 0,05$, $2,9 \pm 0,00$ y $3 \pm 0,05$ según niveles de proteína del 36, 32, y 28 % respectivamente, con diferencias significativas entre los tres tratamientos ($p < 0,05$). Los animales que consumieron alimento con menor cantidad de proteína 32 y 28 % tuvieron menor incremento de peso con relación a la cantidad de alimento consumido, esta conversión es considerada baja para la especie ciclidos, aunque aceptable para otras especies como *Dicentrarchus labrax* (Papoutsoglou *et al.*, 1988) con registros de FCA de 3,21. Por otra parte Yi *et al.* (1996) obtuvo FCA de 1,45 en el ciclido *Oreochromis niloticus*, muy adaptado al manejo en cautividad. Las tasas de crecimiento, es afectada por el tipo de alimento, la edad y talla de los organismos (Jauncey, 1982).

Valor proteico productivo (PPV)

El valor proteico productivo (PPV) obtenido con *Cichlasoma festae* fue del $16,0 \pm 0,05$ % en animales alimentados con balanceado del 36 % de proteína y del $13 \pm 0,05$ % y $15 \pm 0,05$ % para los peces alimentados con niveles del 32 y 28 % de proteína respectivamente ($p < 0,05$). El metabolismo de la *Cichlasoma festae* optimiza la utilización de la proteína, de acuerdo a lo indicado por Robaina *et al.* (1997) que reportó valores de 21,96 a 25,57 para *Sparus aurata*; Parazo (1990) reportó 23,96 a 36,03 para *Siganus guttatus*; esta diferencia en la capacidad de asimilación de la proteína en comparación con las especies del presente trabajo es referencial, por cuanto, no se conoce la capacidad de asimilación de la proteína de los ingredientes en la ración por parte de la *Cichlasoma festae*.

Tasa de eficiencia proteica, (PER)

La tasa de eficiencia proteica mostró diferencias significativas entre T1 frente a T2 y T3, con valores de $2,4\pm,00$; $2,05\pm,05$ y $2,05\pm,05$ para los niveles 36, 32, y 28% de proteína respectivamente. Así mismo, los valores superiores se obtuvieron con el alimento que contenía 36% de proteína; resultados que comparables de los obtenidos por Jover (1998) en *Oreochromis niloticus*, en alevines de 6.32, 6.66, 6.79 de peso inicial obteniendo un PER de 2.07, 1.57, 1.12 para los niveles de 30, 35 y 40 % de proteína en la dieta; en otras especies Jover (1998) reporta para *Mystus nemurus*, PER de 1,67 y 1,80. Por otra parte, Serrano et al (1992) encontró PER de 2,44. En el caso de la *Cichlasoma festae* no se ha publicado los niveles óptimo de proteína para determinar el PER más adecuado; sin embargo, los resultados obtenidos mostraron PER inferiores a los encontrado por Jover *et al.* (1983).

Factor de condición (FC)

No se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) para el factor de condición, encontrándose $3,6\pm,14$, para el tratamiento con el 36% de proteína, y $3,7\pm,11$, para el tratamiento 2 y $3,7\pm,07$ para el tratamiento 3. De acuerdo a Weatherly y Gill (1987), Steffens, (1989) y Ricker (1984) valores superiores a 3 son considerados indicadores de crecimiento heterogéneo, en el presente trabajo al superar el nivel medio indicado se concluye que el FC dio un crecimiento heterogéneo.

Análisis químico proximal de los juveniles de vieja colorada.

La composición corporal de *Cichlasoma festae* (vieja colorada) al final del ensayo mostró resultaron diferencias en los contenidos en grasa, proteína, y cenizas, donde se determinó que los peces que en su dieta se incluía 36 % de proteína alcanzaron mayor cantidad de proteína y menor cantidad de grasa corporal. Respecto a la composición corporal de la vieja colorada en los niveles de proteína 32 y 28%, el nivel proteico bajó, pero los niveles de grasa fueron mayores a medida que disminuye el contenido de proteína en el alimento. Estos resultados de carácter exploratorio están en consonancia con lo indicado por Shiau y Huang (1989). No obstante, el presente trabajo no tenía como objetivo los índices somáticos, se realizó el análisis proximal de los animales al inicio y al final, y se muestra el resultado de la

composición. Análisis posteriores han sido realizados por González *et al.* (2016a), en vieja colorada, por González *et al.* (2016b) y González *et al.* (2017) en vieja azul.

Tabla 3. 13. Análisis químico proximal de vieja colorada entero por % de proteína en la dieta al inicio y al final del experimento.

Análisis	Inicio			Final		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Proteína cruda	24,57	24,57	24,57	29,97	28,22	27,99
Extracto etéreo	3,8	3,8	3,8	4,30	4,74	4,52
ceniza	0,62	,062	0,62	1,2	0,97	0,86
FIBRA	0,45	0,45	0,45	0,36	0,39	0,47

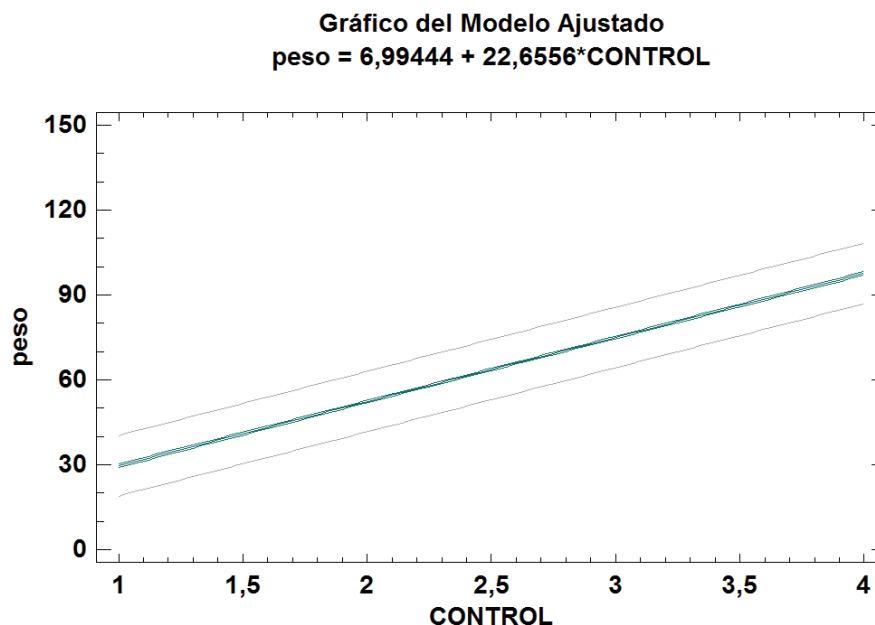
Tabla 3. 14. Índice de crecimiento (promedio± D.S.).

Indice	T1-36%	T2-32%	T3-28%
Porcentaje de proteína en la dieta	36%	32%	28%
Peso inicial(Pi) g.	30,4±,16	30,5±30	30,6±,22
Peso final (Pf) g,	111,0±,50 ^c	95,2±,36 ^b	90,6±,53 ^a
Peso ganado (PG) g,	80,4±09	64,8±,18	60±,22
Longitud Inicial (Li) mm	94,6±,17	94,5±,30	94,6±,23
Longitud final (Lf) mm	145,1±,31 ^c	136,7±,18 ^b	134,6±,20 ^a
Consumo de alimento (CTA), g,	11.765±2,7 ^c	11.194±4,0 ^b	10.655±2,1 ^a
Incremento de peso (IP) g,	80,4±,50 ^b	64,8±,36 ^a	60±,36 ^a
Biomasa Total (BT) g,	6.661,0±5,0 ^b	5.710,0±3,6 ^a	5.434,0±5,3 ^a
Incremento de Biomasa (IB) g,	4.825±5,0 ^b	3.888±3,6 ^a	3.601±2,3 ^a
Conversión alimenticia (CA)	2,4±,05	2,9±00	3±,05
Supervivencia (SUP) %	100	100	100
Tasa de crecimiento absoluto (TCA) g/día	0,89±,00 ^b	0,72±,04 ^a	0,67±,00 ^a
Tasa de crecimiento específico (SGR) % ^º	1,09±,00	0,73±,03	0,75±,00
Factor de condición (FC)	3,6±,14	3,7±,11	3,7±,07
Valor proteico productivo (PPV)%	16±,05	13±,05	15±,05
Tasa de eficiencia proteica (PER)	2,4±,00	2,05±,05	2,05±,05,

Pi=peso inicial, Pf=peso final, PG=peso ganado, Li=longitud inicial, Lf=longitud final, CTA=consumo de alimento, IP=incremento de peso, BT=biomasa total, IB=incremento de biomasa, CA=conversión alimenticia, SUP=supervivencia, SGR=tasa de crecimiento específico, TCA=Tasa de crecimiento absoluto, FC=factor de condición, PPV=Valor proteico productivo, PER=tasa de eficiencia proteica.

ANEXO

1. Evolución del peso en el tiempo (Regresión simple)



Salida del modelo

Regresión Simple - peso vs. CONTROL

Variable dependiente: peso

Variable independiente: CONTROL

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Coefficientes

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	6,99444	0,496745	14,0806	0,0000
Pendiente	22,6556	0,181385	124,903	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	461947,	1	461947,	15600,71	0,0000
Residuo	21260,4	718	29,6106		
Total (Corr.)	483207,	719			

Coefficiente de Correlación = 0,977753

R-cuadrada = 95,6001 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,594 por ciento

Error estándar del est. = 5,44156

Error absoluto medio = 3,74755

Estadístico Durbin-Watson = 0,415535 (P=0,0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,78789

El StatAdvisor

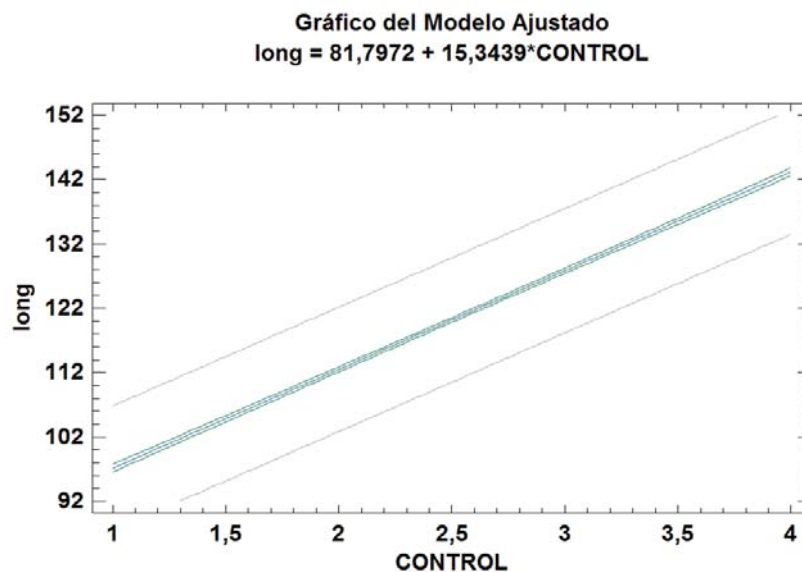
La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre peso y CONTROL. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{peso} = 6,99444 + 22,6556 \cdot \text{CONTROL}$$

Comparación de Modelos Alternos

Modelo	Correlación	R-Cuadrada
Doble Inverso	0,9901	98,03%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9888	97,78%
Multiplicativa	0,9878	97,57%
Raíz Cuadrada de Y	0,9841	96,84%
Raíz Cuadrada Doble	0,9840	96,82%
Exponencial	0,9802	96,08%
Lineal	0,9778	95,60%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9742	94,91%
Cuadrado de X	0,9698	94,05%
Raíz Cuadrada de X	0,9691	93,92%
Curva S	-0,9611	92,37%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,9608	92,32%
Cuadrado Doble	0,9572	91,62%
Logaritmo de X	0,9510	90,44%
Inversa de Y	-0,9472	89,72%
Log-Y Cuadrado-X	0,9417	88,67%
Cuadrado de Y	0,9377	87,94%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,9145	83,64%
Inversa de X	-0,8950	80,11%
Cuadrado-Y Log-X	0,8825	77,88%
Inversa-Y Cuadrado-X	-0,8816	77,73%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0,8043	64,70%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	<sin ajuste>	
Inversa-Y Log-X	<sin ajuste>	
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	<sin ajuste>	
Logístico	<sin ajuste>	
Log probit	<sin ajuste>	

2. Evolución de la longitud en el tiempo (Regresión simple)



Salida del modelo

Regresión Simple - long vs. CONTROL

Variable dependiente: long

Variable independiente: CONTROL

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Coefficientes

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	81,7972	0,44967	181,905	0,0000
Pendiente	15,3439	0,164196	93,4484	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	211891,	1	211891,	8732,61	0,0000
Residuo	17421,8	718	24,2644		
Total (Corr.)	229313,	719			

Coefficiente de Correlación = 0,961263

R-cuadrada = 92,4026 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,392 por ciento

Error estándar del est. = 4,92589

Error absoluto medio = 4,02706

Estadístico Durbin-Watson = 0,171357 (P=0,0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,914188

El StatAdvisor

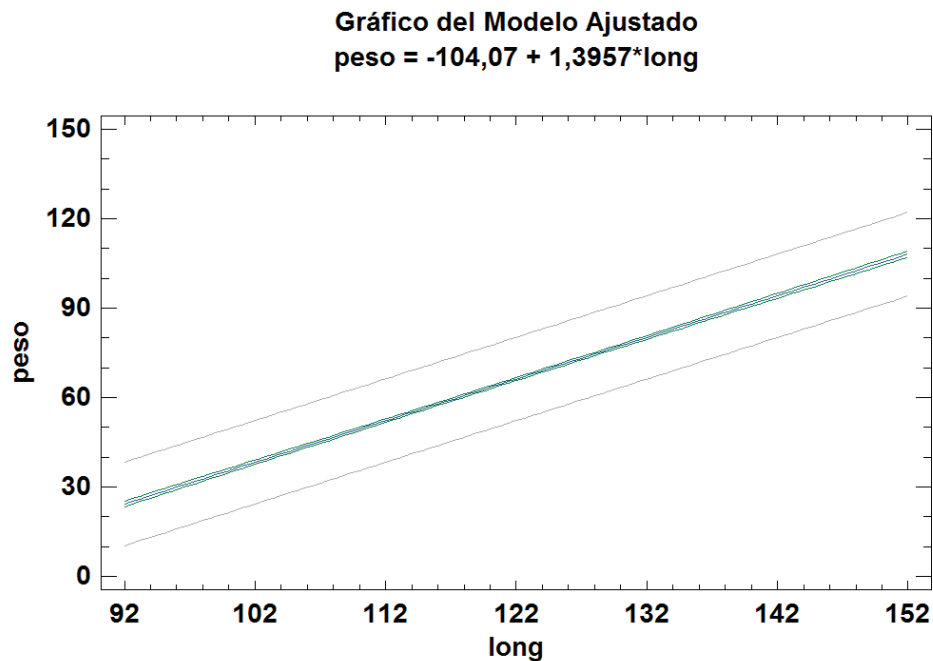
La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre long y CONTROL. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{long} = 81,7972 + 15,3439 \cdot \text{CONTROL}$$

Comparación de Modelos Alternos

<i>Modelo</i>	<i>Correlación</i>	<i>R-Cuadrada</i>
Inversa-Y Log-X	-0,9840	96,82%
Multiplicativa	0,9815	96,33%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9791	95,87%
Doble Inverso	0,9766	95,37%
Logaritmo de X	0,9760	95,26%
Logarítmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9749	95,04%
Raíz Cuadrada Doble	0,9749	95,04%
Raíz Cuadrada de X	0,9741	94,88%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,9702	94,12%
Cuadrado-Y Log-X	0,9675	93,61%
Curva S	-0,9656	93,23%
Cuadrado de Y	0,9618	92,51%
Lineal	0,9613	92,40%
Raíz Cuadrada de Y	0,9598	92,13%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,9589	91,96%
Exponencial	0,9576	91,71%
Inversa de X	-0,9516	90,55%
Inversa de Y	-0,9511	90,46%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0,9349	87,40%
Cuadrado Doble	0,9199	84,63%
Cuadrado de X	0,9119	83,16%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,9068	82,23%
Log-Y Cuadrado-X	0,9010	81,18%
Inversa-Y Cuadrado-X	-0,8875	78,76%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	<sin ajuste>	
Logístico	<sin ajuste>	
Log probit	<sin ajuste>	

3. Correlación peso-longitud



Salida del modelo

Regresión Simple - peso vs. long

Variable dependiente: peso

Variable independiente: long

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Coefficientes

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	-104,07	1,80884	-57,5342	0,0000
Pendiente	1,3957	0,0148906	93,7303	0,0000

Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	446700,	1	446700,	8785,37	0,0000
Residuo	36507,4	718	50,8459		
Total (Corr.)	483207,	719			

Coefficiente de Correlación = 0,961482

R-cuadrada = 92,4448 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,4343 por ciento

Error estándar del est. = 7,13063

Error absoluto medio = 5,92979

Estadístico Durbin-Watson = 0,0425681 (P=0,0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,97645

El StatAdvisor

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre peso y long. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{peso} = -104,07 + 1,3957 \cdot \text{long}$$

Comparación de Modelos Alternos

<i>Modelo</i>	<i>Correlación</i>	<i>R-Cuadrada</i>
Doble Inverso	0,9889	97,80%
Logaritmico-Y Raíz Cuadrada-X	0,9862	97,26%
Multiplicativa	0,9860	97,22%
Exponencial	0,9857	97,16%
Curva S	-0,9837	96,76%
Log-Y Cuadrado-X	0,9827	96,58%
Inversa-Y Log-X	-0,9822	96,48%
Raíz Cuadrada-X Cuadrado-X	0,9806	96,15%
Raíz Cuadrada de Y	0,9786	95,76%
Inversa-Y Raíz Cuadrada-X	-0,9778	95,62%
Raíz Cuadrada Doble	0,9766	95,37%
Raíz Cuadrada-Y Log-X	0,9739	94,86%
Inversa de Y	-0,9728	94,63%
Cuadrado de X	0,9684	93,78%
Raíz Cuadrada-Y Inversa de X	-0,9668	93,48%
Lineal	0,9615	92,44%
Inversa-Y Cuadrado-X	-0,9607	92,29%
Raíz Cuadrada de X	0,9571	91,60%
Logaritmo de X	0,9521	90,65%
Inversa de X	-0,9405	88,44%
Cuadrado Doble	0,9194	84,53%
Cuadrado de Y	0,9038	81,68%
Cuadrado-Y Raíz Cuadrada-X	0,8952	80,14%
Cuadrado-Y Log-X	0,8862	78,53%
Cuadrado-Y Inversa de X	-0,8669	75,15%
Logístico	<sin ajuste>	
Log probit	<sin ajuste>	

4- Correlación peso, longitud, altura y anchura

Correlaciones

	long	altura	ancho	peso
long		0,6672	0,0825	0,9615
		(720)	(720)	(720)
		0,0000	0,0266	0,0000
altura	0,6672		0,0651	0,6244
	(720)		(720)	(720)
	0,0000		0,0806	0,0000
ancho	0,0825	0,0651		0,0674
	(720)	(720)		(720)
	0,0266	0,0806		0,0704
peso	0,9615	0,6244	0,0674	
	(720)	(720)	(720)	
	0,0000	0,0000	0,0704	

3.2. Caracterización del sistema de producción de vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en condiciones semicontroladas en Ecuador.

América Latina dispone de alta diversidad de especies nativas en aguas continentales, siendo la familia *Cichlidae* una de las más importantes y abundantes de agua dulce con más de 1.300 especies, mientras que América del norte, central y sur reúnen 402 especies (Kullander, 1998; Sparks y Smith, 2004). En este sentido, Barriga (2011) registra 951 especies de peces de agua dulce intermareales en Ecuador distribuidas en once zonas ictiográficas en las tres áreas agroecológicas: Zona de la Costa: entre 120 a 211 especies; Zona de la Sierra: 1 ó 2 especies y la Zona de la Amazonía: Amazonía Alta con 125 especies y Amazonía Baja con 680 especies.



Figura 3. 43. Proyecto FOCICYT relativo a caracterización de especies nativas.

En este sentido Jiménez-Prado *et al.* (2015) indican, respecto a los **endemismos acuícolas** en Ecuador que la sucesión de eventos transformadores del clima y el relieve de las cuencas de Ecuador son factores que explicarían su gran diversidad; pero también su elevada

especificidad, ya que presenta múltiples accidentes geográficos en espacios reducidos con grandes diferencias de altura, que imponen barreras que concentraron la competencia y potencian la existencia de endemismos.

Las especies nativas más demandadas para consumo son: El Bocachico (*ichthyoelephas humeralis*), el Chame (*Dormitator latifrons*), la Dama (*Brycon dentex*), el Ratón (*Leporinus ecuadoriensis*), la Vieja Azul (*Andinocaras rivulatus*), la Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), el Guanchiche (*Hoplias microlepis*), Dica (*Curimatorbis boulengeri*), Barbudo (*Rhamdia cinerascens*), Campeche (*Plecostomus spinosissimus*). De estas especies, las más apreciadas por los consumidores son el Bocachico, la Vieja Colorada y la Vieja Azul, que se les distingue por su presencia en ríos, pozas y represas, siendo apreciadas por las características organolépticas de la carne y aspecto del pez (González et al., 2016).



Figura 3. 44. Uso de especies nativas en la preparación de platos típicos.

La otra cara de la conservación de las especies acuícolas es la **situación de riesgo** en la que se clasifican distintas especies nativas endémicas de Ecuador. En este sentido, los inventarios

realizados por el Instituto Nacional de Pesca del Ecuador (Chicaiza, 2005) indican que la frecuencia de captura de las principales especies nativas es cada vez menor y por otra parte se han introducido especies foráneas, como la tilapia, que diezman las especies nativas (Revelo y Elías, 2004). Álvarez-Mieles *et al.* (2013) describen a través del estudio sobre densidad de peces nativos en la cuenca del río Guayas: que la familia *Characidae* fue la más representativa de la comunidad de peces (97%) mientras que la familia *Cichlidae*, que incluye el *Cichlasoma festae*, representa el 1% y otras familias (2%). Este estudio indica la merma de existencias y la situación crítica de la población de *C. festae* y la necesidad de elaborar un plan de conservación de la especie.

Revenga *et al.* (1998), estimaron que el 20% de los peces de agua dulce del mundo estaban en categoría vulnerable, en peligro o extinta. Los principales factores de riesgo para la biodiversidad acuícola fueron descritos por IUCN: la modificación, fragmentación y destrucción de hábitats. Caso de la extensión de la producción de Palma Africana, Banano, Cacao, minería extractiva a cielo abierto, etc. La introducción de especies invasivas, la sobre explotación pesquera, la contaminación ambiental, las prácticas forestales, la pérdida de continuidad ecológica en los ríos y el cambio climático. Además de estos factores clásicos García *et al.* (2015) indica que la competencia con otras actividades por el uso de la tierra y el factor agua desplaza la piscicultura. Esto, junto con el déficit en el conocimiento de las especies nativas hace que los productores opten por especies conocidas (foráneas e híbridos generalmente) frente a la implantación de la cría de especies nativas, con una gran brecha de conocimiento en cuanto a su funcionamiento, adaptabilidad y uso de tecnologías, características propias que le confieren mayor vulnerabilidad ante shocks de mercado.

La caracterización de los recursos zoogenéticos comprende todas las actividades asociadas con la identificación, descripción cuantitativa y cualitativa, y documentación de las poblaciones de la raza, así como su hábitat natural y los sistemas de producción a los que estén o no adaptados (FAO, 1984; Rege, 1992). Según Zafra *et al.* (2015) en *Pterophyllum scalare* en Perú Se necesita profundizar en el conocimiento de las especies nativas en sus aspectos reproductivos y productivos que determinan el éxito de los programas de conservación. La reproducción y la cría de larvas es una fase más compleja y determinan el éxito o fracaso de la producción acuícola (Nakatani *et al.*, 2001), Miranda *et al.* (2006) y Yujra *et al.* (2016).

Por tanto, el objetivo del trabajo es profundizar en la caracterización del sistema reproductivo de la vieja colorada (*Cichlasoma festae*), evaluando el efecto del tamaño de la reproductora sobre la producción experimental de alevines en condiciones de cría semicontroladas. La implementación de programas de reproducción son la base para la conservación del *Cichlasoma festae* en los ríos de Ecuador y el mantenimiento de este recurso como fuente de seguridad alimentaria en las poblaciones locales.

Materiales y métodos

Área de estudio, obtención de animales y condiciones experimentales

El estudio se centra en la zona ictiohidrográfica de Guayas en la Provincia de los Ríos, que concentra el 35% de las especies nativas y tiene una extensión 56.050 Km². Limita al norte con los ramales de la cordillera de Chindul y una prolongación baja de la cordillera occidental, al sur con el río Jubones, al occidente con el límite intermareal que alcanza la ciudad de Babahoyo y al oriente con los cursos de agua localizados hasta los 2.800 msnm que nacen en las provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi y Bolívar (Rodríguez *et al.*, 2014) (Figura 3.3).

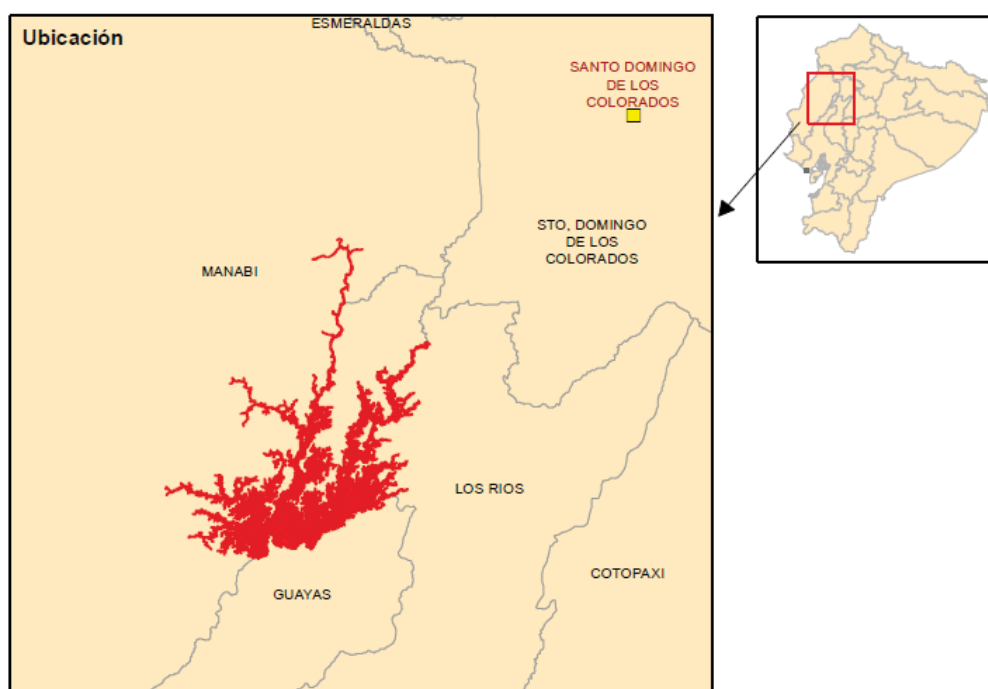


Figura 3. 45. Localización de la represa Doule-Peripa.

Esta zona se caracteriza por un clima tropical, con una marcada estación seca entre los meses de junio y noviembre y una estación lluviosa entre los meses de diciembre; donde la temperatura promedio oscila entre los 22°C y 33°C. Los animales utilizados en la investigación se obtienen a partir de un grupo de reproductores capturados en la Cuenca de Daule-Peripa (Figura 3.4). La Cuenca de Daule-Peripa se localiza en el río Daule, una subcuenca de la cuenca del río Guayas en la Costa Ecuatoriana (00° 55' 54,4''S y 079° 40' 16,6''O), considerado por el MAGAP como enclave de gran valor ecológico y de la biodiversidad de la ictiofauna de Ecuador (Figura 3.1).



Figura 3. 46. Reproductores de la represa de Daule-Peripa.

A través de un programa incentivado con pescadores de la zona se capturaron 50 reproductores representativos de la especie, según la percepción de los pescadores de la zona y con un peso vivo superior a 200 gr. Los reproductores se conservaron en un estanque de conservación en condiciones naturales de acuerdo con Rodríguez *et al.* (2014) (Figura 3.5 y 3.6).



Figura 3. 47. Estanque de reproducción de tilapias y especies nativas.

Se seleccionaron 30 reproductoras y reproductores atendiendo a su talla y grado de madurez sexual según la escala de Nikolsky (1963), citada por Rodríguez-Gutiérrez (1992) y Santa Cruz (2011) (Figura 3.7 y 3.8). Asimismo, se consideraron otros factores; tales como conformación, color, vivacidad y demás caracteres (robustez y ausencia de malformaciones) que muestren su idoneidad como reproductores y dentro del patrón racial (Figura3.9).



Figura 3. 48. Reproductora de Vieja Colorada, 370g.



Figura 3. 49. Reproductor de Vieja Colorada, 450g.

Condiciones experimentales

El presente trabajo se realizó durante la época seca del año 2015, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador. El campo experimental está ubicado a 72 msnm, con una temperatura promedio anual de 25 °C y una precipitación promedio de 1.000 milímetros.



Figura 3. 50. Estanques de reproducción y cría en la finca colaboradora con la UTEQ.

Se utilizaron tres estanques de reproducción de tierra con derivación superficial del agua (Figura 3.11). Cada estanque tenía una dimensión aproximada de 6 x 5 m, con una columna de agua de 0,60 m y estaban provistos de mecanismo de ingreso y salida de agua por gravedad.

El peso medio de las hembras fue de $354 \pm 15,76$ g, con un coeficiente de variación del 24,38%. Por otra parte, mediante el test de Prueba de Kolmogorov-Smirnov ($P > 0,05$) se aceptó que los datos se ajustan a una distribución normal.

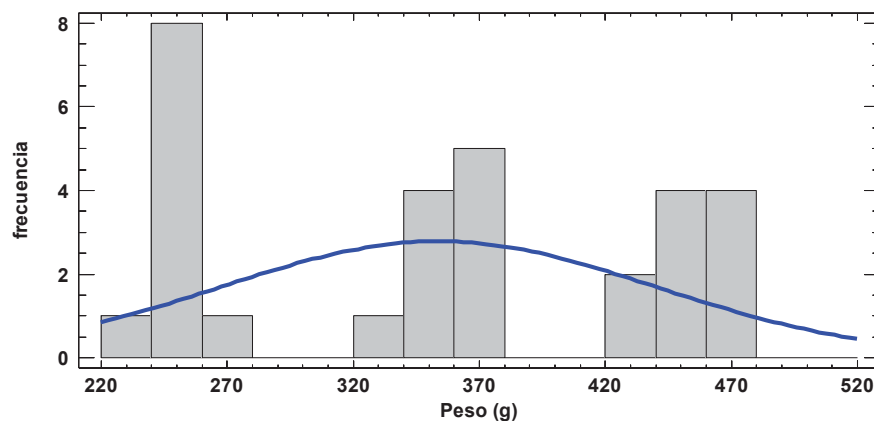


Figura 3. 51. Histograma de Peso (g).

Ante la existencia de alta dispersión de pesos dentro del rango (Figura 3.13), consecuencia de la diversidad de pesos y longitudes (Moya *et al.*, 2015) se evalúa el efecto de tamaño de reproductor (peso) sobre la producción o supervivencia de alevines y la biomasa. Se seleccionaron 30 hembras con un peso entre 237 y 478 g, que fueron ordenadas de modo ascendente según su peso y se distribuyeron en los tres estanques; en el primero los 10 animales con menor peso (entre 237-270 g), segundo estanque 10 animales con pesos intermedios (entre 345-370 g) y en el tercer estanque se introdujeron los animales con mayor peso (entre 430-478 g). Los tres grupos mostraron diferencias significativas respecto al peso de los reproductores ($p<0,05$).

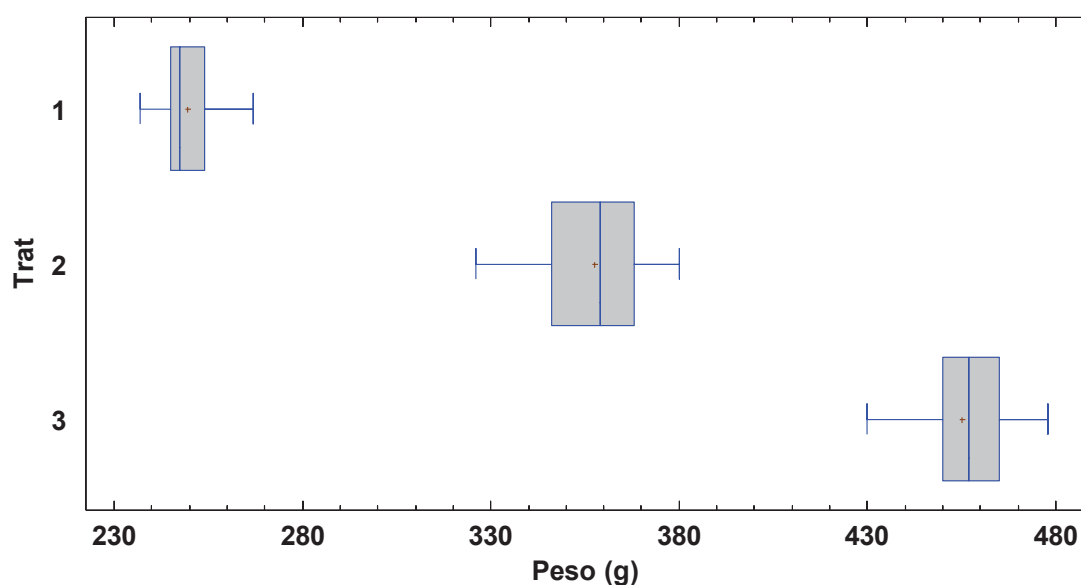


Figura 3. 52. Dispersión del Peso dentro del rango.

Tabla 3. 15. ANOVA para Peso (g) por Peso Reproductoras.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	211126,	2	105563,	585,15	0,0000
Intra grupos	4870,9	27	180,404		
Total (Corr.)	215997,	29			

Tabla 3. 16. Pruebas de Múltiple Rangos para grupos según Peso Reproductoras.

Peso	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	10	249,6	X
2	10	357,5	X
3	10	455,0	X

*(Método: 95,0 porcentaje LSD)

Tabla 3. 17. Resumen Estadístico para Peso (g).

Peso	Recuento	Promedio	Mediana	Coeficiente de Variación	Error Estándar	Mínimo	Máximo
1	10	249,6	247,5	3,4163%	2,6965	237,0	267,0
2	10	357,5	359,0	4,37186%	4,94245	326,0	380,0
3	10	455,0	457,0	3,291%	4,73521	430,0	478,0
Total	30	354,033	359,0	24,377%	15,7567	237,0	478,0

Tabla 3. 18. Peso promedio de los reproductores por cuartil.

Trat	Cuartil Inferior	Cuartil Superior
1	245,0	254,0
2	346,0	368,0
3	450,0	465,0
Total	254,0	450,0

Asimismo, en cada estanque se incorporaron 5 machos, con un peso superior a los 400 g y que inicialmente están separados. En resumen, cada estanque dispuso de diez hembras y cinco machos, que supuso una densidad de 2,1 animales por m². La proporción de hembras y machos fue de 3:1, que es recomendada en investigación con tilapia (Costa-Pierce y Hadikusumah, 1995). Las hembras tuvieron una fase de acondicionamiento, donde estaban separadas de los machos mediante una malla en el mismo estanque y durante este periodo se habituaron al alimento concentrado. Se utilizó pienso comercial de tilapias elaborado con subproductos de cereales, pasta de soja, harina de pescado, concentrado proteico de maíz, lecitina, aceite vegetal, carbonato cálcico, fosfato de calcio, antioxidantes y una premezcla de vitaminas y de minerales. El pienso utilizado alcanzó un 32% de proteína, un mínimo de un 7% grasa, un máximo de un 5% de fibra, un máximo de 10% cenizas y una humedad inferior al 12%.

El pienso se administró tres veces al día durante los 30 días del pre-ensayo y los 45 días de la experiencia, ajustando el consumo al 1,5% de la biomasa, según indica Macintosh (1995) y evitando la presencia de alimento sobrante que aumentase la contaminación del agua. Por otro lado, los animales disponen del alimento natural existente en los estanques (artemias, fitoplancton, zooplancton, etc.).

Transcurridos diez días tras el agrupamiento de machos y hembras se hizo la primera recogida de alevines utilizando para ello una malla con abertura de un milímetro de diámetro (Figura 3.10). La malla se extendió entre ambos extremos del estanque y los animales fueron capturados mediante un pase de arrastre a flor de agua. En un segundo pase se recogieron algunos de los que habían logrado escapar. Las larvas capturadas se colocaron en un acuario para su conteo. Este proceso de recogida y conteo de larvas se realizó cada cinco días hasta el final de la experiencia en el día 45.



Figura 3. 53. Larvas a los 10 días de eclosionadas.

Diariamente, durante el transcurso de la experiencia, además de la temperatura externa, fueron registrados los parámetros de calidad del agua en cada uno de los estanques: Temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto (DO), ratio de sólidos disueltos (SDR).

La investigación se realizó en condiciones semicontroladas o confinadas de campo, esto significa que dado el sistema de cría con estanques de tierra y recambio de agua se puede regularmente registrar los parámetros de calidad de sistema, aunque es escasa la capacidad

del investigador para modificar los parámetros del sistema. Por tanto, se intenta reproducir un hábitat lo más similar al existente en su medio natural.

Tabla 3. 19. Parámetros de la calidad del agua durante la experiencia.

Variable	Mean \pm SD (% CV)
Temperatura del agua, (°C)	24,7 \pm 0,65 (2,6)
Temperatura ambiente (°C)	25,6 \pm 0,72 (2,73)
pH	7,30 \pm 0,14 (1,97)
Oxígeno disuelto (mg/l)	12,13 \pm 0,3 (2,49)
Tasa de sólidos disueltos (mg/l)	< 500

Análisis estadísticos

Se utilizó un diseño completamente al azar, con 3 tratamientos. Se realizó un análisis de varianza, para diferencia de las medias se aplicó la prueba de LSD ($p \leq 0,05$). Las variables de respuesta utilizadas fueron: Peso de las hembras al inicio de la experiencia; Recogida de larvas supervivientes en cada control, que se realizó cada 5 días; Producción total (l/estanque); Productividad numérica o supervivencia (l/d); Densidad de crías por m² de superficie de estanque (l/m²), no se contabilizaba la profundidad; Productividad numérica por gramo de peso vivo del estanque o Biomasa (l/ g. pv). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete de software SPSS 19.0 (SPSS, 2011).

Resultados y Discusión

Comportamiento de las reproductoras

En este ensayo de carácter exploratorio las condiciones empíricas de reproducción de la Vieja Colora en estanque de tierra fueron las adecuadas, ya que el desove fue progresivo sin observar comportamientos anómalos. Estos resultados contrastan con los obtenidos por diversos autores que indican la gran dificultad reproducir la Vieja colorada en cautividad, la

variabilidad de resultados y los bajos índices obtenidos (XXX). Los factores utilizados mostraron que:

- Las condiciones físico químicas del agua se mantuvieron dentro del rango adecuado. El pH medio fue de 7,30 valores dentro del rango de 6,5 a 9,5 para el cíclido tilapia recomendado por Boyd (1990). La temperatura promedio del agua fue de 24,7°C, valor inferior al rango indicados por Hephher y Pruginin (1989) quienes sostienen que la temperatura óptima para la reproducción del cíclido tilapia es de 26-30°C, sin embargo, está dentro de los rangos indicados en el manual Nicovita (2012) donde se indica que el rango óptimo de temperatura para el cultivo del cíclido tilapia fluctúa entre 23°C y 32°. Además de los sólidos disueltos se valoró la transparencia del agua del estanque, con el disco Secchi, obteniendo valores dentro del rango de 2 a 35 cm indicados para el cultivo del cíclido tilapia indicado por Meyer (2008). No hubo diferencias significativas entre los datos fisicoquímicos de calidad del agua de los tres estanques a lo largo de la experiencia y tampoco hubo diferencias de oxígeno y temperatura entre estanques ($p>0,05$).

- La densidad de animales en estanques donde podían reproducir su comportamiento natural fue adecuado. Asimismo, la existencia de vegetación en los estanques favoreció la construcción de nidos y la búsqueda de zonas de descanso y refugio. La relación de un macho cada tres hembra fue la recomendada por Baltazar (2007) para evitar territorialidad, canibalismo y elevados niveles de agresividad. Asimismo, el agrupamiento de los animales en lotes homogéneos favoreció y estimulo el comportamiento reproductivo.

- Alimentación. La combinación del alimento vivo existente en los estanques y descrito por Castro et al (2003) (daphnia, artemias, etc) y concentrado proporcionó una alimentación adecuada favoreciendo la recuperación de la actividad reproductiva y evitando la competencia y territorialidad entre los reproductores (Zafra *et al.*, 2015). Gunasekara *et al.* (1995) encuentran que alimentar las Tilapias con niveles de proteína de 30—40% causa que crezcan y maduren reproductivamente más rápidamente que los alimentados con menores niveles (Gunasekara et al., 1996) y mayor respuesta reproductiva frente a tilapias con un pienso del 40% de proteína (Wee y Tuan, 1988). Asimismo, en los ingredientes de la dieta Salama (1996) indica que una mezcla con harina de pescado y de soja era más efectivo que aquellos alimentos que contenían harina de pescado o harina de soja exclusivamente y Santiago y Reyes (1993) recomienda el uso de aceites vegetales para aumentar la frecuencia

de puesta y el número de larvas. Todos estos factores fueron contemplados al diseñar el sistema de alimentación en confinamiento. Además, los estanques eran ricos en microalgas y alimento vivo, lo que aseguraba la corrección de carencias en aminoácidos, minerales, vitaminas etc (Cerón-Ortiz et al., 2015). Estas fuentes complementan al 1,5% del PV/d aportado por el concentrado e indicado en hembras sincronizadas (Baltazar, 2007).

- El sistema de manejo con destete precoz cada cinco días (Clutch-removal), evita la incubación bucal, la dedicación exclusiva de las hembras a la protección de las crías, favorece la recuperación de la actividad reproductiva y la producción de semilla. Además, se reduce el tiempo de incubación y el canibalismo entre larvas. Watanabe et al. (1992) indica en casos con destete precoz, y como consecuencia de un manejo adecuado de las larvas, se obtienen larvas de mayor tamaño y Mair (1993) indica ante destete precoz, mayores tasas de supervivencia y menor intervalo entre desoves. Además, la retirada precoz según Baltazar (2007) favorece la sincronización reproductiva de las hembras y se aumentan de este modo su actividad.

- Tasa de mortalidad. La baja tasa de mortalidad obtenida refuerza el manejo utilizado y las condiciones favorables de cría, aunque también la corta duración de la experiencia contribuye a la baja mortalidad. En este sentido Rosati *et al.* (1997) asocia alta mortalidad de reproductores con técnicas reproducción continua y periodos prolongados de reproducción superiores a cuatro meses. Yujra et al. (2016) desarrolla un estudio similar en *Odontesthes bonariensis* (pejerrey) en el Lago Titicaca-Puno en Perú y muestra la necesidad de conocer de forma experimental la producción de alevines en condiciones reproductivas de confinamiento.

- Talla/madurez sexual. En el caso de la vieja colorada se consideran sexualmente adecuadas con más de 150 gramos (Rodríguez et al, 2015). Asimismo, Martín et al., (2016) y Rodríguez et al (2017) determinan una correlación del 0,95% entre peso y longitud en vieja colorada. Por otra parte, Barros *et al.* (2004) y posteriormente Yujra et al (2016) indican la correlación entre talla y madurez sexual en los peces tropicales y Santa Cruz Xoxocotlán (2011) analiza las etapas para determinar la madurez sexual en *Cichlasoma trimaculatum* y la utilización de los índices gonadosomáticos y hepatosomáticos en especies tropicales. Según Nicovita, 2010 y Cantor, 2007 las hembras de tilapia son maduras sexualmente con un peso entre 70-100g y una longitud entre 10-18 cm. Asimismo Bocek (2017) recomienda utilizar hembras con un

peso entre 100 y 300g. Günter (1995) indican la existencia de reproducción temprana en otros *Chiclosoma*, como *Cichlasoma managuense*, aunque más allá de estos hallazgos se observó como en la organización de la reproducción por lotes los animales responden de modo homogéneo (Capote *et al.*, 2015).

Funciones de densidad

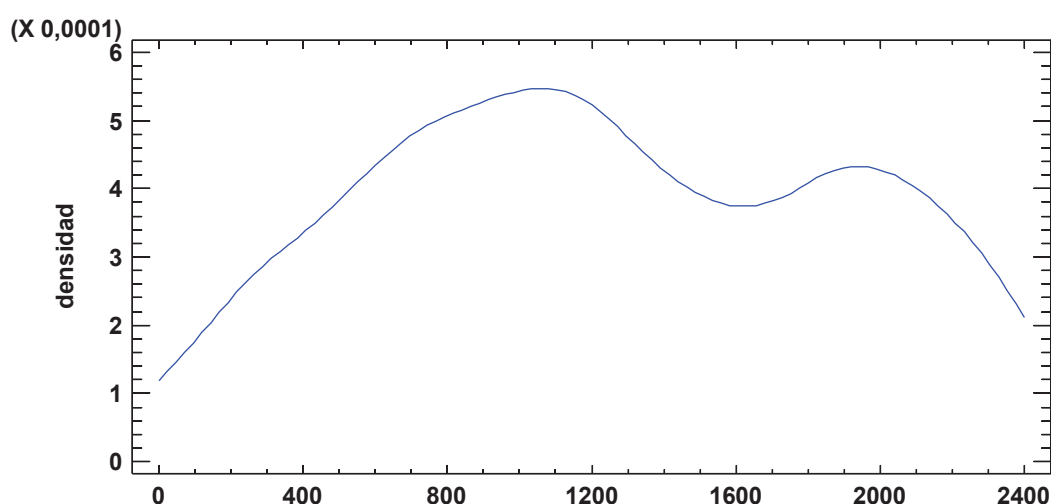


Figura 3. 54. Función de densidad.

-Productividad y biomasa

La producción de alevines se ajusta a una distribución normal, de modo que la recogida de larvas empieza a los pocos días tras el agrupamiento, alcanza el máximo entre el día 20 y 25, superando las 2000 larvas, para luego ir decreciendo progresivamente la cosecha.

Los tres lotes de hembras se comportaron de modo similar, tan sólo se observó que las de mayor talla anticiparon la puesta y de modo inmediato tras el agrupamiento de machos y hembras comenzó el desove. En el lote intermedio hubo cierta demora en tanto que en el lote integrado por los animales de menor talla se demoró el desove. Asimismo, en el estanque con reproductoras de mayor talla se recogen mayor número de alevines que en los restantes estanques.

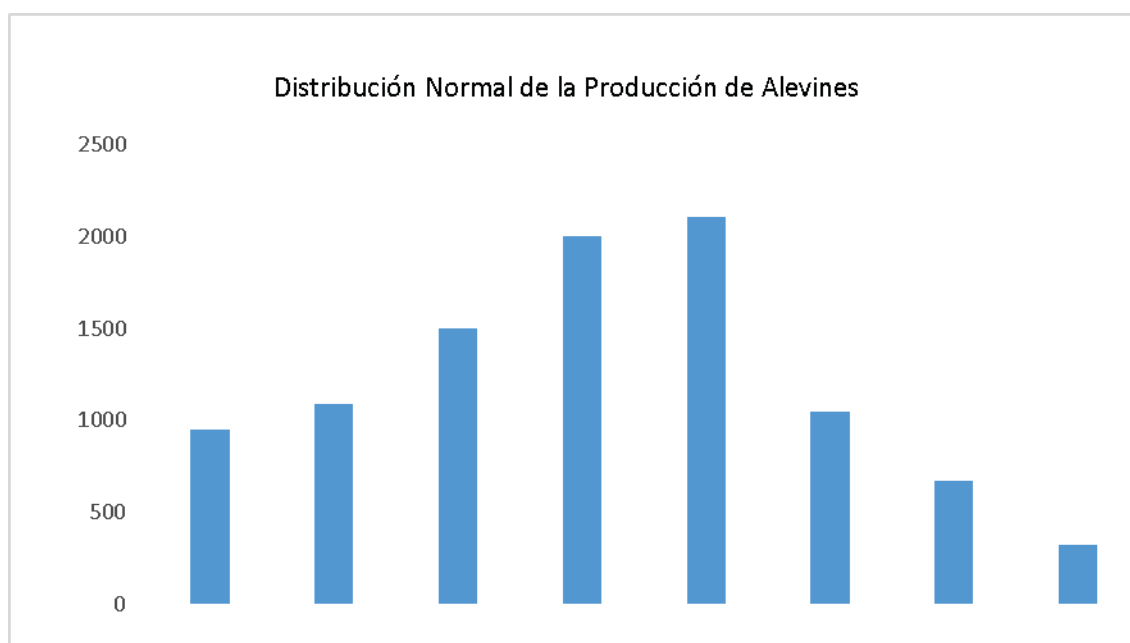


Figura 3. 55. Producción de alevines del experimento (Distribución normal).

Se obtuvieron diferencias significativas en el número de larvas según tamaño de las hembras ($p < 0,05$). A medida que crece el tamaño de la hembra aumenta el número de larvas recogidas por estanque y control, pasando en T1: 250^a, a T2: 394^{ab} y T3: 567^c en el estanque con las hembras de mayor talla. Estos datos son similares a los que presenta Baltazar (2007) y Santa Cruz (2011) en distintos Ciclos y evidencian además de las diferencias según tratamiento el manejo adecuado de los estanques en físicos y técnicos. Asimismo, la baja variabilidad dentro de cada estanque (coeficientes de variación inferior al 5%) constituye un buen indicador para la ausencia de competencia intraespecífica, de acuerdo a los indicado por Günther (1995) en la cría del *Cichlasoma managuense*.

Tabla 3. 20. ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	404425,	2	202213,	3,57	0,0463
Intra grupos	1,18934E6	21	56635,1		
Total (Corr.)	1,59376E6	23			

Tabla 3. 21. Pruebas de Rangos Múltiples (Tratamientos).

Trat	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	8	250,0	X
T2	8	393,7	XX
		5	
T3	8	567,5	X

*Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 3. 22. Pruebas de Rangos Múltiples (contraste).

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		-143,75	247,455
T1 - T3	*	-317,5	247,455
T2 - T3		-173,75	247,455

* indica una diferencia significativa.

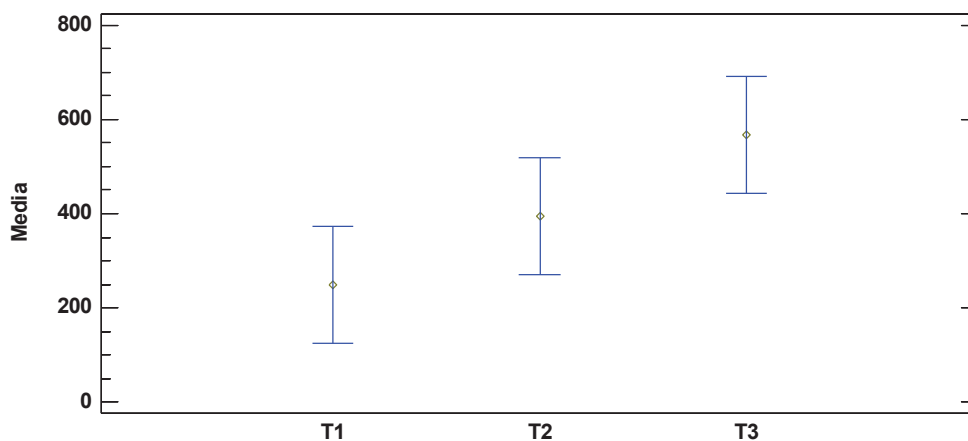


Figura 3. 56. Medias y 95% de Fisher LSD.

En sistemas de estanques con tilapias la cantidad de larvas producidas aumenta rápidamente después que los reproductores son introducidos y luego disminuye gradualmente (Prieto y Olivera, 2010). Alcanzar más de 300 alevines efectivos por hembra del cíclido tilapia por ciclo es difícil y requiere un manejo muy selectivo, considerando un trabajo genético eficiente en los parentales (Nicovita, 2012) que la cantidad de alevines producidas por hembra está relacionada con el peso de la hembra (Popma y Green, 1990). García (2000) indica que la reproducción del cíclido tilapia en el estanque de tierra produjo 1.8 crías por gramos de peso de la madre. En la experiencia los resultados de producción por metro cuadrado fueron

superiores en T3 con hembras de mayor tamaño ($p < 0,05$), pasando de $8\text{--}13^a \text{ l/m}^2$ a 23^b l/m^2 . Por último, al referir los datos a biomasa (l/g de peso vivo) no se obtuvieron diferencias significativas según el peso de las reproductoras ($p > 0,05$).

Aunque los resultados son elevados y superiores a los encontrados por García (2000) en México, Ecuador y Honduras. Los resultados difieren los obtenidos por Hulata (1997) con hembras reproductoras de dos años (hembras con un peso entre 150 y 250 gr) y Popma y Green (1990) quienes manifiestan que la producción de alevines está relacionada con la biomasa de hembras reproductoras. Los resultados fueron acordes a los encontrados con Baltazar (2007) que indica que las hembras de Tilapia de mayor peso producen más huevos por puesta que las de menor tamaño, aunque la misma biomasa por unidad de peso vivo.

Resultados contradictorios con los reportados con Little (1989) que describió que los estanques de reproducción poblados con Tilapias pequeñas (peso medio de hembras 207 g) producían más larvas que los estanques poblados con Tilapias grandes (peso medio de hembras 262 g) y Smith *et al.* (1991) que encontraron que los reproductores de un año de edad son más productivos que los de 2 años. Esto fue explicado fundamentalmente porque las tilapias de mayor edad mantienen larvas durante más tiempo en su boca, retrasan la recuperación gonadal y disminuyen la frecuencia de puesta. Es decir; relacionan la productividad con el sistema de incubación/destete y el intervalo entre desoves más que con la talla de las reproductoras

Estos descubrimientos coinciden con los encontrados en numerosos estudios previos (Siraj *et al.*, 1983; Watanable y Kuo, 1985; Ridha y Cruz, 1989, entre otros) y sugieren que las Tilapias de un año son más adecuadas como reproductores. Por el contrario, algunos investigadores estiman que las hembras reproductoras de dos años (con pesos entre 150—250 g) son más productivas que las de un año (Hulata, 1997). Por estos motivos es importante, además de la talla, considerar el sistema de incubación y la edad a la hora de seleccionar reproductores y comparar su productividad. Baltazar (2007) señala en este mismo sentido la necesidad de identificar animales aquellos reproductores de crecimiento lento que podrían enmascarar los resultados.

Tabla 3. 23. Producción de larvas de *Cichlasoma festae* en condiciones semicontroladas.

Peso hembras (g)	Recogida de larvas por control (d)								Producción total (l)	Productividad (l/d)	Densidad (l/m ²)	Biomasa (l/ g pv)
	10	15	20	25	30	35	40	45				
250	0	200	280	320	580	280	200	140	2000	250 ^a	8,33 ^a	10.02 ^a
350	300	240	460	800	800	320	170	60	3150	394 ^b	13,12 ^a	11,01 ^a
450	650	650	760	880	730	450	300	120	4540	567 ^c	22,89 ^b	15,09 ^a
Total	950	1090	1500	2000	2110	1050	670	320	9690	403,75	14,04	11,76

Conclusiones

El cíclido *Cichlasoma festae* presenta buen comportamiento reproductivo en condiciones experimentales semicontroladas. Aunque el estudio realizado es de carácter empírico, exploratorio y los factores registrados no actuaron como limitantes, aunque se logró evitar situaciones de stress y se potenciaron aquellas condiciones que favorecieron el desarrollo de comportamiento reproductivo natural de la especie.

La productividad numérica fue superior en animales de talla grande, aunque la biomasa final por gramo de peso vivo de reproductora fue independiente del tamaño de la reproductora.

Este estudio abre expectativas a la implementación de programas sostenibles de reproducción de *Cichlasoma festae* orientados a la conservación de la especie, los ríos y las poblaciones rurales desde la perspectiva de la soberanía alimentaria y el mantenimiento de sus medios de vida.

ANEXO

Regresión Polinomial – prod (aa/pv) versus D

Variable dependiente: prod (aa/pv)

Variable independiente: D

Orden del polinomio = 2

Regresión Polinomial.

Parámetro	Error		Estadístico	
	Estimado	Estándar	T	Valor-P
CONSTANTE	-11,1618	5,72591	-1,94936	0,0662
D	2,14801	0,470285	4,56746	0,0002
D^2	-0,0413432	0,00861508	-4,79893	0,0001

Análisis de Varianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	485,859	2	242,929	11,82	0,0005
Residual	390,483	19	20,5517		
Total (Corr.)	876,341	21			

R-cuadrada = 55,4417 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 50,7514 por ciento

Error estándar del est. = 4,5334

Error absoluto medio = 3,62929

Estadístico Durbin-Watson = 1,57304 (P=0,0986)

Autocorrelación de residuos lag 1 = 0,14898

prod(aa/pv) = -11,1618 + 2,14801*D-0,0413432*D^2

Regresión Simple – prod (aa/pv) vs. Nº alevines

Variable dependiente: prod(aa/pv)

Variable independiente: Nº alevines

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

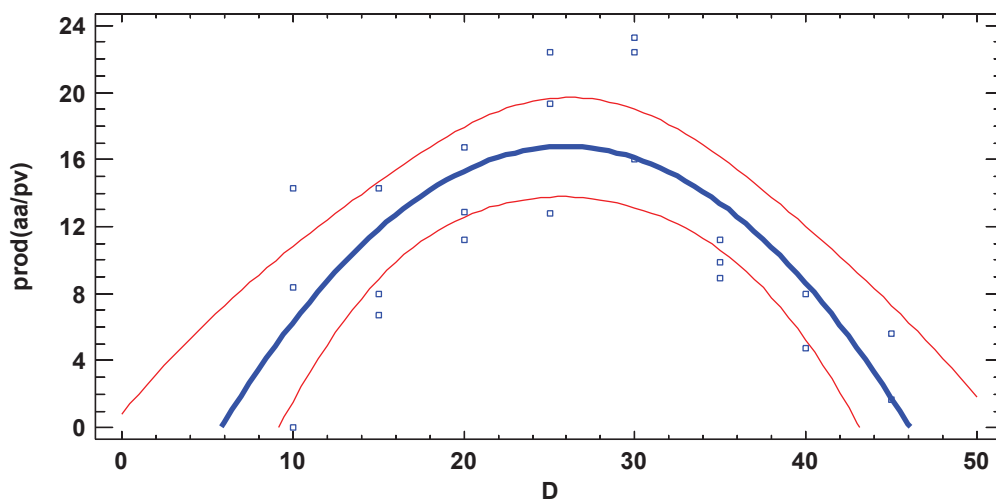


Figura 3. 57. Modelo Ajustado.

Coeficientes.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	2,49935	1,12177	2,22804	0,0375
Pendiente	0,0219869	0,00226386	9,71213	0,0000

Análisis de Varianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	723,035	1	723,035	94,33	0,0000
Residuo	153,306	20	7,66532		
Total (Corr.)	876,341	21			

Coeficiente de Correlación = 0,908329

R-cuadrada = 82,5061 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 81,6314 por ciento

Error estándar del est. = 2,76863

Error absoluto medio = 2,1355

Estadístico Durbin-Watson = 0,565052 (P=0,0000)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,676663

3.3. Efecto de tres dietas en la fase inicial de alevinaje del *Cichlasoma festae* en condiciones semicontroladas.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) desarrolla un programa de cría de especies de peces nativos ecuatorianos y se enfrenta a la falta de conocimiento en la cría de especies nativas: Vieja colorada, Vieja azul, Chame, etc. El *Cichlasoma festae* requiere un conocimiento más profundo del sistema de producción en cautividad, en especial respecto al manejo específico sobre confinamiento, protección y alimentación en las primeras fases de su ciclo productivo con la finalidad de conseguir la mayor tasa de supervivencia de las crías, al ser muy sensible a los agentes externos (depredadores, escasez alimento, radiación solar) durante sus primeras semanas de vida (Flores-Nava, 2010).



Figura 3. 58. Larvas en cajas de incubación.

En ese sentido, la reproducción y el manejo de la etapa larvaria son aspectos clave para garantizar la viabilidad y adaptación para la repoblación de dichas especies nativas en sus hábitats naturales, así como su integración en la organización productiva de la carne de pescado (Barbosa, 1996, Nakatani *et al.*, 2001). La protección de los alevines de peces frente a depredadores, en condiciones favorables de confinamiento (Figura 3.1),

resulta esencial para alcanzar un alto porcentaje de supervivencia dentro de programas de cría (Gómez-Ponce, 2010). De la misma forma, se hace necesario avanzar en el conocimiento de los requerimientos alimenticios que favorezca la mejora de su función de crecimiento. Por su parte, Jones (2002) señala la necesidad de aumentar el flujo de información sobre numerosas variables en esta etapa: mortalidad, tamaño de la población, reclutamiento, edad de primera madurez, y rendimiento máximo sostenible, etc., entre otras variables poblacionales relacionadas con su explotación, así como la tasa de crecimiento individual, la maduración sexual y fecundidad.



Figura 3. 59. Alevín de Vieja Colorada de 1 g de peso vivo.

La viabilidad de las larvas en esta fase crítica y desconocida viene dada por la calidad del agua, las condiciones de manejo en confinamiento y el alimento que se suministre a los animales. Así, Rodríguez *et al.* (2014a) afirman que los indicadores básicos de viabilidad lo constituyen el crecimiento y la tasa de supervivencia. El crecimiento viene determinado por distintos factores, entre los que destaca la cantidad y calidad del alimento ingerido (Patel y Yakupituyage, 2003), así como por las características físicas y químicas del agua (Jover, 2000).

El nivel de proteína del alimento es contradictorio, la mayor parte recomiendan niveles entre el 30% al 40% y algunos autores niveles superiores al 50% de proteína en la dieta. or tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la viabilidad de las larvas o

alevines de *Cichlasoma festae* en régimen de confinamiento durante la primera etapa de vida mediante la tasa de supervivencia y su crecimiento a partir de tres dietas comerciales con niveles crecientes de proteína (Figura 3.2).



Figura 3. 60. Alevin de Vieja Colorada de 2g.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, UTEQ, Cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador. El campo experimental está ubicado a 72 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio anual de 25 °C y una precipitación promedio de 1.000 mm. Se utilizó un estanque de tierra de 10 m. por 8 m. y 0,60 m. de columna de agua, con ingreso de agua permanente por gravedad y salida de agua opuesta al ingreso, con una tasa de recambio diaria del 5%. Tras el desove de las hembras, en estanques de tierra, y transcurrido un periodo inicial de quince días, las crías se separaron de las madres mediante una malla fina.

En el estudio de crecimiento se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones cada uno. Se dispuso de 18 jaulas de 0,60 m de fondo y 0,60 de diámetro de malla plástica de 2 mm de ojo distribuidas aleatoriamente a cada uno de los tratamientos. Posteriormente, cada jaula se sembró con 100 ejemplares con un peso promedio individual de $0,18 \pm 0,01$ g (Figura 3.3 y 3.4).



Figura 3. 61. Jaulas para la primera fase de alevinaje del experimento.



Figura 3. 62. Jaulas para la segunda fase de alevinaje del experimento.

Los alevines fueron alimentados con tres tipos diferentes de pienso balanceado en forma de harina que contenía el 50, 45 y 40% de proteína bruta (D1-50%, D2-45% y D3-40%), administrando una ración equivalente al 15% del peso vivo de los animales. La experiencia tuvo una duración de 49 días.

Semanalmente se tomaron muestras del 25% de los individuos de cada jaula registrándose el peso, la longitud y la mortalidad de forma individual. Los alevines se colocaron en un recipiente con agua y se pesaron en una balanza, obteniendo el valor del peso por diferencia (Rodríguez *et al.*, 2014b). La longitud fue obtenida con un ictiómetro y la supervivencia se registró mediante conteo diario del número de alevines vivos y muertos. Asimismo, los parámetros físico-químicos de calidad del agua también se midieron semanalmente. Los análisis bromatológicos del agua se realizaron en el Laboratorio de Bromatología, de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Tabla 3.1).

Los datos de crecimiento fueron analizados mediante estadística descriptiva, así como con un ANOVA unifactorial, verificando la existencia de diferencias significativas entre grupos mediante el test Tukey con un nivel de significación del 0,05.

Resultados y Discusión

Condiciones de cría.

La temperatura promedio del estanque de cría fue de $25 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$, dentro del rango óptimo indicado por Nicovita (2012) que fluctúa entre 28°C y 32°C . Asimismo, el pH promedio registrado durante la experiencia fue de $7,3 \pm 0,3$ de acuerdo a los valores óptimos indicados por Boyd (1990) para tilapia. El oxígeno disuelto en el agua del estanque fue de $6,9 \pm 0,4$ mg/l, valor superior al recomendado para el cultivo de tilapia (5 ppm) por Rodríguez *et al.* (2014a). El valor promedio obtenido, respecto a los sólidos disueltos en el agua estaban dentro del rango óptimo indicado por Meyer (2006) y no se verificó la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las diferentes dietas ni entre sus repeticiones ($P > 0,05$). Asimismo, la turbidez del agua fue del $28 \pm 3,5$ cm, utilizando el disco Secchi como método de estimación preliminar de sólidos totales en

suspensión, valor que estuvieron dentro del rango de 2 a 35 cm permitido para tilapia según Meyer (2006).

Tabla 3. 24. Parámetros de la calidad del agua.

Variable	Media \pm SD (% CV)
Temperatura del agua (°C)	25.2 \pm 0.65 (2.6)
Temperatura ambiente (°C)	26.6 \pm 0.72 (2.73)
pH	7.13 \pm 0.14 (1.97)
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	6.7 \pm 0.3 (2.49)
Tasa de solidos disueltos (mg L ⁻¹)	< 500

En la tabla 3.3 se muestra la evolución de las variables productivas analizadas, encontrando diferencias significativas para el peso, la longitud y el consumo entre los tres tratamientos aplicados, de manera que los alevines alimentados con D1-50% mostraron mayor crecimiento; tanto en peso 5,5 g de peso, como en longitud 62 mm; frente a los peces del tratamiento D3-40% (5,1 g peso vivo y 55 mm de longitud). El tratamiento D2-45% mostró un comportamiento intermedio. No obstante, los valores obtenidos son inferiores a los reportados por Castro *et al.*, (2004) para alevines de *Oreochromis mossambicus*, con siembra de individuos de 0,5 g y crecimiento hasta un peso de 12,65 g a los 30 días. Desde el punto de vista del análisis de la longitud promedio, los resultados obtenidos confirmaron el crecimiento alométrico en los alevines de la Vieja colorada encontrado por Rodríguez et al. (2017) y González et al (2016). Los resultados obtenidos indicaron que a medida que se incrementó el nivel de proteína se incrementó el consumo y el crecimiento de los alevines de vieja colorada en su primer estadio de vida (post larva).

El estudio que se realizó fue de carácter exploratorio y buscó las dietas más adecuadas para garantizar la viabilidad de las larvas en cautiverio, aunque queda pendiente de estudios posteriores la determinación de los requerimientos nutricionales de los alevines en los diferentes estadios de crecimiento, que permitan la formulación de dietas específicas para esta especie nativa según su edad y estado productivo.

EL nivel de supervivencia de alevines fue del 82, 81 y 80% para los tratamientos D1-50%, D2-45% y D3-40%, respectivamente, no encontrando diferencias estadísticas entre ellos ($P > 0,05$). Estos resultados se consideran similares a los reportados por López *et al.*, (2007) que obtuvieron una tasa de supervivencia de entre 76,9 y 83 % en el cultivo de larvas de Tilapia roja, y los de Medina-Flores (2011) con valores del 78,5% en la cría alevines de tilapia del Nilo y de 81,6% en híbridos. Se puede inferir que, una vez que la dieta cubra unos requerimientos mínimos, las oscilaciones de la tasa de supervivencia tan frecuentes en acuicultura intensiva están determinadas mayormente por el manejo y la organización productiva, lo que explica el comportamiento homogéneo de esta variable entre dietas y las repeticiones.



Figura 3. 63. Alevín de 7g.

En consonancia con las variables descriptoras del crecimiento analizadas, la mayor producción de biomasa (2.687 gramos) se alcanzó en D1-50%, seguido de los D2-45% y D3-40%, con 2.440 y 2.156 gramos, respectivamente (Tabla 3.2). No obstante, el D2-45% mostró un incremento de peso con tendencia lineal, si bien D1-50% y D2-45% se muestran homogéneos entre sí, evidenciándose diferencias significativas entre D1-50% y D3-40%, lo que induce a considerar la importancia de dietas con niveles altos de proteína en el desarrollo de las fases larvarias y juveniles de esta especie (Figura 3.5). Tanto es así que, los animales alimentados con D3-40 % tuvieron el incremento de biomasa inferior a los obtenidos por Martínez Palacios *et al.* (1996) y Oliveira & Cyrino

(2004), autores que reportaron una tasa específica de crecimiento de 1,88 utilizando una dieta de 40 % de proteína en base a harina de pescado en alevines de *Cichlosoma urophthalmus* con pesos iniciales de 519 mg en peso húmedo.

Tabla 3. 25. Análisis químico proximal de las diferentes dietas utilizadas.

Dietas (% MS)	D1-50%	D2-45%	D3-40%
Proteína bruta	50	45	40
Grasa	15	10	13
Fibra	2	3	2.5
Cenizas	12	12	12
Humedad	12	12	12
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	9	18	20.5

Asimismo, Chávez Sánchez (2000), obtuvo tasas específicas de crecimiento entre 1,2 y 2,74 en ejemplares del alrededor de 400 mg de peso tras la utilización de dietas de 40% de proteína basadas en caseína. Otro factor a considerar en posteriores estudios es el tipo de proteína que se aporta en el balanceado, ya que su origen va a condicionar el valor biológico de la misma.

El factor de conversión alimenticia acumulada (FCA) estuvo en el orden de 2,2; 2,4 y 2,5 según D1-50%, D2-45% y D3-40%. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, distinguiendo el mejor comportamiento en D1-50% frente al grupo formado por D2-45% y D3-40% donde se aprecia un menor índice de conversión de los alimentos con relación a la cantidad de alimento consumido.

Tabla 3. 26. Indicadores técnicos de resultados productivos según dieta.

Variables/Dietas	D1-50%	D2-45%	D3-40%
Peso inicial (Pi) g.	0,186 ± 0,01	0,184 ± 0,01	0,183 ± 0,02 (12,18%)
Peso final (Pf) g.	5,48 ± 0,17	5,07 ± 0,16	4,43 ± 0,09 (2,09%) ^c
Longitud inicial (Li)	5,1 ± 0,45	5,2 ± 0,25	5,2 ± 0,35
Longitud final (Lf)	62,47 ± 2,66	57,5 ± 2,44	55,2 ± 2,15 (4,26%) ^c
Biomasa Total (BT)	2687 ^a	2440 ^{ab}	2156 ^b
Conversión	2,2	2.4	2,5

Tabla 3. 27. Evolución semanal de los parámetros productivos.

Dieta/día	Evolución semanal (d)							
	0	7	14	21	28	35	42	49
Peso (g)								
D1-50%	0,186 ^a	0,58 ^a	1,26 ^a	1,76 ^a	2,61 ^a	3,51 ^a	4,18 ^a	5,48 ^a
D2-45%	0,184 ^a	0,584 ^a	1,19 ^b	1,69 ^b	2,53 ^b	3,28 ^b	4,10 ^a	5,07 ^b
D3-40%	0,183 ^a	0,576 ^a	1,11 ^c	1,54 ^c	2,29 ^c	2,81 ^c	3,6 ^b	4,43 ^c
Longitud (mm)								
D1-50%	5,1 ^a	8,34 ^a	15,63 ^a	22,97 ^a	32,17 ^a	45,1 ^a	52,1 ^a	62,47 ^a
D2-45%	5,2 ^a	8,06 ^a	15,26 ^a	22,33 ^a	30,7 ^a	43,97 ^b	49,13 ^b	57,5 ^b
D3-40%	5,2 ^a	7,56 ^b	14,13 ^b	22,1 ^a	29,77 ^b	42,93 ^c	47,3 ^c	55,2 ^c
Consumo por jaula (g)								
D1-50%	0	19,5 ^a	60,55 ^a	121,05 ^c	163,08 ^a	190,29 ^a	210,02 ^a	204,28 ^a
D2-45%	0	19,38 ^a	61,32 ^a	115,81 ^b	160,02 ^a	182,76 ^b	192,42 ^b	187,94 ^{ab}
D3-40%	0	19,25 ^a	60,39 ^a	108,49 ^a	147,79 ^b	167,16 ^c	167,40 ^c	172,74 ^b
Supervivencia (%)								
D1-50%	---	94,5	91,5	89	86,83	85,5	83,5	81,66
D2-45%	---	94,7	92,17	90	86	83,83	82,0	80,17
D3-40%	---	94,5	92,5	90	86,67	85	82,33	81

ANEXO

-PESO

(SEMANA = 8; densidad = 40)

Datos/Variable: PESO

Selección de la Variable: SEMANA=8&densidad=40

30 valores con rango desde 4,3 a 4,6

Distribuciones Ajustadas.

Normal
media = 4,43667
desviación estándar = 0,0927857

Pruebas de Normalidad para peso.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Chi-Cuadrado	74,0	5,6755E-11
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,913009	0,019509

Pruebas de Normalidad para peso.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Chi-Cuadrado	103,0	1,11022E-16
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,874432	0,00184007

Ajuste de distribuciones (ajuste de datos no censurados) – PESO (Semana = 8, densidad = 50)

Datos / Variable: Peso

Selección de la Variable: Semana = 8, densidad = 50

30 valores con rango desde 5,2 a 5,8

Distribuciones Ajustadas.

Normal

media = 5,48333

desviación estándar = 0,176329

Ajuste de Distribuciones (Ajuste de Datos No Censurados) - PESO (SEMANA = 8, densidad = 45)

Datos/Variable: PESO

Selección de la Variable: SEMANA=8&densidad=45

30 valores con rango desde 4,8 a 5,4

Distribuciones Ajustadas.

Normal

media = 5,07333

desviación estándar = 0,163861

Pruebas de Normalidad para peso.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Chi-Cuadrado	74,0	5,6755E-11
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,913009	0,019509

Ajuste de Distribuciones (Ajuste de Datos No Censurados)

-longitud

(Semana = 8, densidad = 40)

Datos/Variable: longitud

Selección de la Variable: SEMANA=8&densidad=40

30 valores con rango desde 52,0 a 60,0

Distribuciones Ajustadas.

Normal

media = 55,2667

desviación estándar = 2,14851

Pruebas de Normalidad para longitud.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Chi-Cuadrado	50,0	0,00000139711
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,93023	0,0578668

Ajuste de Distribuciones (Ajuste de Datos No Censurados)

-Longitud (Semana = 8, densidad = 45)

Datos/Variable: longitud

Selección de la Variable: SEMANA=8&densidad=45

30 valores con rango desde 52,0 a 62,0

Distribuciones Ajustadas.

Normal

media = 57,5

desviación estándar = 2,44597

Pruebas de Normalidad para longitud.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Chi-Cuadrado	70,0	3,20302E-10
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,938736	0,0988092

Ajuste de Distribuciones (Ajuste de Datos No Censurados)

-Longitud (Semana = 8, densidad = 50)

Datos/Variable: longitud

Selección de la Variable: Semana = 8, densidad = 50

30 valores con rango desde 58,0 a 67,0

Distribuciones Ajustadas.

Normal

media = 62,4667

desviación estándar = 2,66178

Pruebas de Normalidad para longitud.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Chi-Cuadrado	64,0	4,17053E-9
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,902527	0,0101342

3.4. Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del *Cichlasoma festae* en condiciones controladas de confinamiento durante su etapa juvenil.

La profundización en el conocimiento de la reproducción de cíclidos y su cría en las etapas iniciales son herramientas clave para el desarrollo de planes de producción y el aseguramiento de la propia conservación de la especie (Núñez, 2012). En ese sentido, uno de los factores más importantes a considerar en la producción de estas especies en condiciones de confinamiento es la densidad de cría, factor que determina la viabilidad económica de los emprendimientos basados en la utilización de los recursos endógenos y la producción responsable (Patel y Yakupituyage, 2003). Distintos autores indican que la densidad de cría muestra una relación inversa con el crecimiento y directa con la tasa de mortalidad. Asimismo, el aumento de la densidad provoca un incremento de la variabilidad de los pesos y, en el caso de especies agresivas aumenta la mortalidad y el canibalismo (Katavic *et al.*, 1989). Por el contrario, otros autores indican que niveles de alta densidad provocan la ruptura de estructuras jerárquicas reduciendo el comportamiento agresivo e incluso de competencia (Wallace *et al.*, 1988). En este apartado se plantea como hipótesis inicial que se pueden establecer altos niveles de densidad, en la cría de cíclidos en condiciones controladas, siempre que se favorezcan las condiciones naturales y se eviten parámetros digenésicos en el sistema de producción (nivel de oxigenación del agua y acceso al alimento, fundamentalmente); hipótesis acorde con los criterios de Rodríguez *et al.*, (2014a) y Murillo *et al.* (2015). Por tanto, se pretende evaluar el efecto de tres niveles de alta densidad de cría sobre el crecimiento y la supervivencia del *Cichlasoma festae* en condiciones controladas de confinamiento durante su etapa de alevinaje.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en la finca experimental de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo-Ecuador, El campo experimental consistió en un estanque de tierra de 30 m de longitud, 12m de anchura y 0,6m de profundidad, el agua del estanque fue tomada del río de Quevedo mediante un sistema de bombeo, asimismo se dispuso de ingreso permanente de agua con un caudal de 10 litros/minuto. Se instalaron 24 jaulas circulares de 0,2m³, construidas en malla plástica con ojo de 8 mm, donde se

introdujeron 960 alevines silvestres de *Cichlasoma festae* con un peso promedio inicial de 4,11g (Figura 3.1).



Figura 3. 64. Jaulas circulares de 0,2m³ para alevines.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DC) con 3 tratamientos según densidad de cría (120, 240 y 360 alevines por m³) (Figura 3.3), y 8 repeticiones en cada uno de ellos. Los alevines fueron alimentados *ad libitum*, administrándose un alimento balanceado (36% proteína) para tilapia, con una frecuencia de 3 veces al día (9:00 am, 11:00 am y 15:00 pm) con el fin de evitar comportamiento de competencia y agresividad; se aplicó según las recomendaciones de Rodríguez *et al*, (2014a). La duración de la experiencia fue de 90 días, realizándose un ajuste de la ración cada 15 días. Diariamente se controló la temperatura (°C), el Ph y la concentración de oxígeno en el agua mientras que, semanalmente, se registró el peso, longitud, el índice de conversión del alimento y la tasa de supervivencia (Figura 3.2). Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple, previa comprobación de la normalidad de la distribución de los datos y la homogeneidad de las varianzas entre los diferentes grupos; se utilizó este diseño por considerar la homogeneidad de los tratamientos y de los parámetros del agua del estanque, asimismo para verificar la existencia de diferencia significativas entre grupos se aplicó el test de rangos múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$).



Figura 3. 65. Juvenil de Vieja Colorada de 43g.



Figura 3. 66. Jaulas con diferentes densidades de juveniles.

Resultados y Discusión

Condiciones de cría. Las variables ambientales registradas estuvieron comprendidas dentro del rango óptimo, de forma que el nivel de oxígeno disuelto osciló entre valores de 5,3 y 6,2 mg/l, mientras que la temperatura del agua del estanque varió entre 24,2 y 28,6 °C, con un promedio de 26,16°C. Asimismo, se obtuvieron valores de pH entre 6,8 y 8,8 con un promedio de 7,6. Estos resultados se consideran idóneos para garantizar un crecimiento adecuado de los alevines al tomar como referencia los utilizados por Alicorp (2014) para el desarrollo de la tilapia. Los resultados de crecimiento obtenidos se muestran en la Tabla 3.2, observando que no disminuye el crecimiento conforme se incrementa el nivel de densidad. El comportamiento productivo es similar en los tres tratamientos; tanto en peso, como en longitud; estos resultados están en consonancia con los obtenidos en *Centrarchus labrax* (Saillant *et al.*, 2003), en *Rachicentron canadum* por Webb *et al.*, (2007) y en cachama blanca (Poleo *et al.*, 2011).

Los resultados obtenidos en este estudio preliminar mostraron que el crecimiento de los alevines de esta especie no se ve afectado, en tanto en cuanto se disponga de niveles suficientes de oxígeno y temperatura, no pudiendo considerarse los niveles de densidad utilizados como un factor limitante de la cría al no evidenciar existencia de efecto negativo. No obstante, los resultados fueron inferiores a los reportados en *Cichlasoma orophthalmus* por Villarreal *et al.*, (2011) quienes obtuvieron una tasa de conversión de alimento de 0,4; Por otra parte, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la variación de la longitud. Asimismo, la relación entre el peso vivo y la longitud mostró un crecimiento de tipo isométrico, donde los alevines mostraron un crecimiento proporcional entre ambas variables, en analogía a los resultados señalados por Rodríguez *et al.* (2014b). El consumo de alimento (Tabla 3.1) mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero al considerar la densidad no se evidencia diferencias estadísticas en el consumo por unidad experimental. Sin embargo, el consumo promedio de alimento exógeno por alevín y día de Vieja colorada es claramente inferior al de los alevines de tilapia para un mismo peso. En este sentido, los alevines de Vieja colorada aceptan el alimento exógeno, pero no en la cantidad necesaria para su óptimo desarrollo, posiblemente debido a que estos animales tienen preferencia por el plancton del agua como parte

principal de su dieta en comparación con el alimento balanceado estudiado y la dificultad de adaptar a los alevines al consumo de balanceado. La tasa de supervivencia fue elevada, aunque en T1, con menor densidad, se obtuvieron tasas inferiores a T2 y T3 ($p<0,05$), por cuanto este parámetro muestra un efecto positivo de la cría en alta densidad, lo que puede explicarse por una ruptura de las estructuras jerárquicas de los animales reduciendo los niveles de competencia y agresión, tal y como indican Wallace *et al.*, (1988). Por otra parte, los niveles altos de densidad utilizados no alcanzan valores críticos negativos (trade offs) y por el contrario favorecen sinergias del comportamiento gregario de la especie. Los resultados obtenidos contribuyen al desarrollo de protocolos de cría de Vieja colorada con niveles de altas densidad en condiciones de confinamiento, en tanto en cuanto que se regulen adecuadamente los restantes parámetros del sistema y la densidad no actuó negativamente sobre el crecimiento. En este sentido, destacan los parámetros necesarios relativos a calidad del agua propuestos por Murillo *et al.* (2015) y la disponibilidad de alimento, tanto en cantidad y acceso (Rodríguez *et al.*, 2014) que garanticen la correcta alimentación de los animales evitando la competencia por el mismo. Esta experiencia fue de tipo exploratorio, quedando por definir la densidad máxima que acepta el sistema a partir de la cual se generan efectos adversos. Los efectos de la densidad van a ir estrechamente relacionados con el nivel de oxígeno y el sistema de producción (recirculación, aireación, biofloc, etc), por lo que sería necesario considerar la densidad desde el enfoque del sistema de producción en estudios posteriores.

Tabla 3. 28. Resultados productivos según niveles de densidad.

Variables / Densidades	D1-120	D2-240	D3-
Peso inicial (Pi) g	4,01	4,23	4,11
Peso final (Pf) g	17,08	17,26	16,15
Longitud inicial (0 días)	6,99	6,60	6,99
Longitud final (90 días)	10,34	9,88	10,14
Conversión alimenticia	0,51 ^a	1,02 ^b	1,57 ^c
Tasa de crecimiento absoluto (TCA)	0,14	0,14	0,14
Tasa de Supervivencia (SUP) %	75,20 ^b	89,47 ^a	93 ^a

^{a,b,c} letras diferentes indica diferencias significativas entre densidades ($P<0,05$)

Tabla 3. 29. Evolución del peso y consumo según nivel de densidad.

Evolución (d)								
Densidad/día	0	15	30	45	60	75	90	
Peso (g)								
D1-120	4,01	5,00	6,84	9,56	12,28	14,40	17,08	
D2-240	4,23	5,39	7,66	10,51	12,85	14,46	17,26	
D3-360	4,11	5,38	7,41	10,00	12,38	14,29	16,15	
Media	4,11	5,26	7,30	10,02	12,50	14,38	16,83	
CV (%)	4,11	21,41	21,2	21,03	19,29	17,34	20,36	
Consumo total (g)								
D1-120		24,08	30,00	41,03	57,38	73,65	86,40 ^a	
D2-240		50,63	64,43	64,43	125,85	153,90	173,25 ^b	
D3-360		73,31	96,60	96,60	179,78	222,26	254,25 ^c	
Media		49,34	63,68	67,35	121,0	149,94	171,3	
CV (%)		16,97	21,55	21,80	21,67	19,34	18,50	

letras diferentes indica diferencias significativas entre densidades (P<0,05)

3.5. Calidad del agua en sistema de recirculación con filtros biológicos artesanales (amoníaco y amonio).

La previsión de crecimiento de la población cuantifica en 9 billones de habitantes la población en 2050. Por esta razón se estima un crecimiento en el consumo de carne de pescado, considerada en la actualidad como un alimento funcional, al elevarse la cantidad de producción de carne de pescado aumentara la demanda de agua para piscicultura, la producción de alimentos, el nivel de residuos en agua y la contaminación. Por los residuos de alimento y las heces de los peces agrandaran la contaminación del agua; por lo que es necesario conocer alternativas para la producción de peces que potencien el espacio de producción, reduzcan la contaminación y optimicen la utilización del agua. Las prácticas tradicionales de producción en piscicultura requieren grandes cantidades de agua de muy buena calidad que actualmente se encuentra limitada en muchas áreas (SAGPYA, 2006).

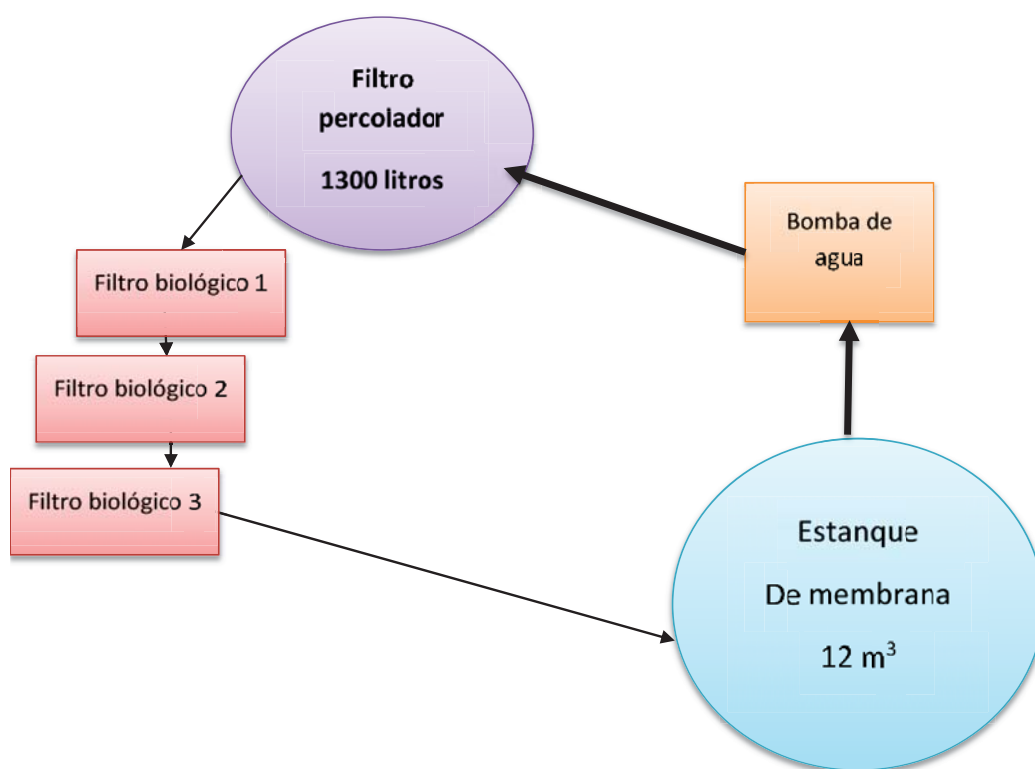


Figura 3. 67. Sistema de recirculación del agua.

Por estas razones los sistemas de recirculación del agua (SRA) (Figura 3.1) deben recibir más utilización en la acuicultura, debido a que su aplicación resulta en unidades de producción más limpias (Ugalde, 2013).

Los peces producen desechos que degradan la calidad del agua en la que se los cultiva. Los principales desechos que ejercen un efecto negativo sobre esta calidad son: amoníaco, anhídrido carbónico, materia fecal y otros provenientes del metabolismo de los animales, además de los desperdicios del alimento ofrecido (Sarmiento, 2011). El amoníaco es un producto proveniente de la excreción, orina de los peces y de la descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (en forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces es un elemento tóxico (Cantor, 2007). La nitrificación es de gran importancia en los cultivos de organismos acuáticos porque el amoníaco es un desecho metabólico altamente tóxico que se descarga directamente por muchos organismos cultivados y que se genera como un subproducto por muchas bacterias. El nitrito es menos tóxico que el amoníaco y es considerado relativamente no tóxico para la mayoría de los organismos acuáticos (Engel, 2013). Las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas sp.* y *Nitrobacter sp.*) se encuentran libremente en la naturaleza y son las encargadas de colonizar los sustratos del filtro biológico y de las camas en forma natural. Sin embargo, si se desea acelerar ese proceso natural de colonización, se puede añadir agua de una pecera o conseguir las bacterias en acuarios especializados. Las bacterias no son visibles al ojo humano, se necesita el auxilio de microscopios (Colagrosso, 2014). El presente estudio tuvo como finalidad determinar la cantidad de amonio eliminado según el volumen de cada filtro biológico.

Materiales y métodos

Se utilizó un tanque de membrana de 12m para albergar los peces productores de amoníaco, tres recipientes rectangulares de PVC de 500 litros de capacidad conteniendo sustrato (sarán) que actuaban como filtros biológicos por la presencia de las bacterias nitrosomona y nitrobacter, una bomba de agua de 1Hp para llevar el agua desde el tanque de membrana al filtro percolador, a razón de cinco litros por minuto, el filtro percolador contenía piedra y arena, separados cada capa por malla, con la finalidad que retenga sólidos el alimento

sobranante y las heces producidas por los peces, posteriormente (Figura 3.5), el descenso del agua por gravedad desde el filtro percolador pasando los sustrato de los tres filtros bilógicos de 0,5m³ cada uno, inoculados con bacterias nitrosomonas y nitrobacter provenientes de un estanque maduro.



Figura 3. 68. Detalle de filtros y montaje.

Los filtros contenían sarán en el que habitaban las bacterias nitrosomona y nitrobacter, las superficies de los filtros biológicos estaban cubiertas por plantas hidropónicas (Figura 3.7), en el estanque de membrana se colocaron 500 tilapias (*Oreochromis roja*) de 250g para que produzcan amoníaco y poder determinar su eliminación en el filtro percolador y en tres filtros biológicos. Se midió la cantidad de amoníaco en ppm producidas; el muestreo se realizó a la 7 de la mañana durante 30 días y la eliminación del amoníaco en el filtro percolador y los tres filtros biológicos.



Figura 3. 69. Construcción del sistema de recirculación del agua.



Figura 3. 70. Estanque para recirculación de agua con filtro percolador y 3 filtros biológicos.



Figura 3. 71. Filtros biológicos cubiertos por plantas hidropónicas.

Se midió la temperatura del agua cinco veces al día y las concentraciones de amoníaco en cada uno de los filtros percolador y biológicos, tomando 5 muestras de cada tratamiento cada 24 horas, para medir la cantidad de amoníaco en el agua de cada filtro se utilizó un kit ammonia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$). De esta manera, se analizó el contenido de amonio de cinco muestras de cada tratamiento y la temperatura del agua diariamente durante 30 días, dando un total de 600 muestras durante el trabajo experimental. En el caso de la temperatura se obtuvieron los estadísticos descriptivos básicos y se analizaron las relaciones entre las variables mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Se estimaron, además, diferentes modelos de regresión simple entre temperatura y cantidad de amonio, con el apoyo del programa SPSS v 15.

Resultados y Discusión

Tabla 3. 30. Cantidades de amoniaco determinada a la salida de cada uno filtro.

Tratamientos	Datos de amoniaco en el agua a la salida	Cantidad amoniaco (ppm)
T0	Estanque de percolador	0,75
T1	Filtro biológico A 500 litros,	0,33
T2	Filtro biológico B 1000 litros (A+B)	0
T3	Filtro biológico C 1500 litros (A+B+C)	0

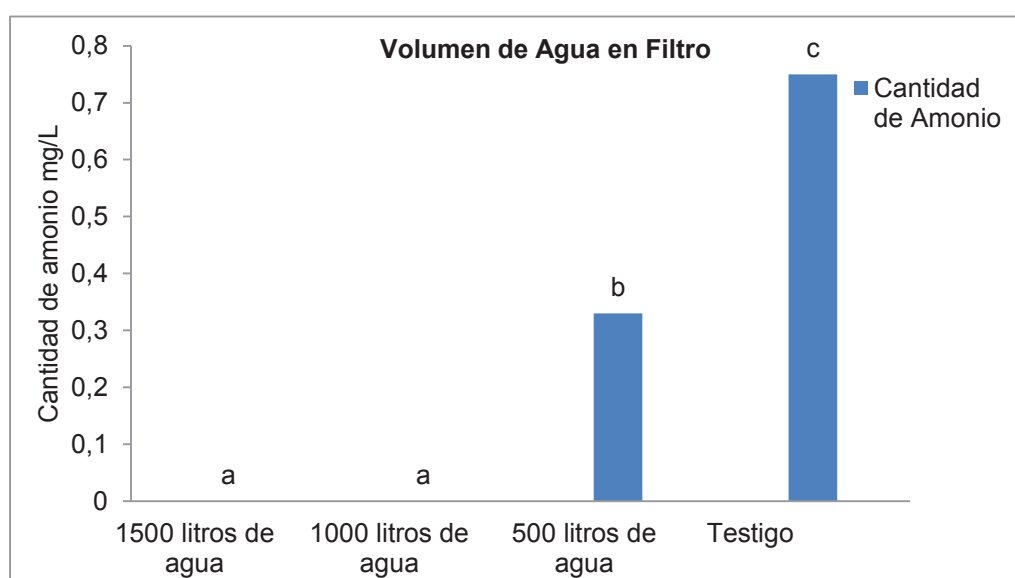


Figura 3. 72. Cantidad de amonio en los tratamientos bajo el sistema de recirculación.

Tabla 3. 31. Valores promedios de amonio (ppm).

tratamientos	Medias	
T3	0	a
T2	0	a
T1	0,33	b
T0	0,75	c

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Según la prueba de Tukey en esta variable los tratamientos, alcanzaron diferencias estadísticas significativas, a medida que el agua con amoníaco ingresaba al primer filtro percolador (T0) testigo, el promedio de amoníaco fue superior (0,75 ppm). Al ingresar al segundo filtro biológico disminuía a 0,33 ppm, luego de ingresar al tercer y cuarto filtro su cantidad fue de 0,00 ppm. Estos resultados son similares a los de Prieto (2001), quien empleó biofiltros con diferentes sustratos, piedras grandes, piedras chicas, algas y conchillas, reduciendo en cada experimento el nivel de amoníaco desde 0,21 a 0,115 ppm en el primer y segundo experimento respectivamente. La disminución del nivel de amonio también es atribuida a la presencia de microorganismos, que se alimentan de materia orgánica, oxidando el amonio. La presencia de plantas hidropónicas como son los lechuguinos, que influyen de manera positiva en la disminución de amonio. Según (Jiménez y Balcázar, 2003), quién logró reducir gran número de desechos tóxicos, a tal punto que la concentración de amonio alcanzada fue ($<0,02\text{ppm}$), a base de biofiltros y el uso de bacterias nitrificantes (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*) que se encuentran adheridas a los diferentes sustratos.

3.6. Aplicación de la colorimetría como instrumento de valoración de los recursos acuícolas nativos en Ecuador: Vieja colorada (*Cichlasoma festae*) y la Vieja azul (*Andinoacara rivulatus*)

La colorimetría caracteriza cuantitativamente un objeto a partir de su color, desde un sentido perceptual y existen distintas escalas y modelos de apariencia que describen este patrón (Artigas y Pujol, 2002). El color es la propiedad que tienen los cuerpos para absorber o reflejar la luz en mayor o menor grado. Asimismo, el color puede ser evaluado mediante la determinación del índice de color IC, a partir del sistema de color CIELAB que permite establecer una escala colorimétrica determinada por la luminosidad, la variación entre el rojo y el verde del espectro y el tercer parámetro se refiere a la zona de variación entre el amarillo y el azul del espectro. Establecer un índice colorimétrico en peces continentales tiene gran interés en acuicultura, ya que podría relacionarse con aspectos como la calidad de la carne, la salud animal (Perea *et al.*, 2008), el bienestar animal (Rivas *et al.*, 2004) y en definitiva el valor económico del recurso zoogenético (García *et al.*, 2014).

El objetivo de este estudio es establecer una escala colorimétrica adaptada a las especies nativas Vieja colorada (*Cichlasoma festae*) y Vieja azul (*Andinoacara rivulatus*) a fin de poder utilizarla en estudios posteriores como indicador de crecimiento, calidad de la carne, salud y bienestar animal y posible factor de selección de especies nativas.

- Metodología de elaboración y validación de la escala

El estudio de campo se ejecutó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) y fincas colaboradoras sitas en el cantón Valencia, provincia de los Ríos, Ecuador y La zona del estudio. Asimismo, el trabajo se finalizó en las instalaciones de la Estación Piscícola "Cacharí" de la Subsecretaría de Acuicultura de Ecuador (MPAGAP) y la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB).

La elaboración de la escala colorimétrica y la concreción de las categorías se desarrolló según la metodología cualitativa y participativa descrita por de Janvry *et al.* (2011), que indica que este tipo de metodología es de gran utilidad en estudios cualitativos de nuevas tecnologías y que se aplica posteriormente a nivel de campo. A partir de la revisión bibliográfica se hace

una descripción faneróptica de las especies y una clasificación inicial de colores tanto en la Vieja colorada, como en la Vieja azul, que se enfrenta posteriormente a un panel de expertos.

El grupo de trabajo estuvo formado por profesores de universidad (6), técnicos (3), productores (3) y vendedores minoristas (3). En el desarrollo del taller se explicó cada variable, el modo de obtención; ya sea por observación directa, con distintos fondos o de modo comparado con otros animales y su posible valoración. Se seleccionaron aquellas denominaciones de categorías que obtenían la máxima puntuación de cinco o más participantes.



Figura 3. 73. Autoridades de la Universidad de Babahoyo en el Mercado de la Ciudad.

En una segunda vuelta se debatieron aquellas variables y denominaciones dudosas con cuatro puntuaciones máximas. Tras esta clasificación se distribuyeron las cinco categorías con las denominaciones establecidas y se procedió a su contrastación con animales *in situ*, mediante la aplicación de la escala colorimétrica de Lutron RGB-1002.

Una vez establecidas las categorías (desde 1 hasta 5, de menor a mayor valor) se procede a su validación mediante dos estrategias:

a. Testaje de animales en fincas colaboradoras.

b. Testaje de animales procedentes de puestos minoristas comerciales.

Finalmente, a objeto de verificar la información se tomó una muestra de los animales evaluados y se contrastó su valoración en el laboratorio de la Estación Piscícola de la Subsecretaría de Acuicultura del MAPGAP de acuerdo a la luz y normas establecidas para realizar estas mediciones.

La medición se realizó utilizando la técnica de medición por captación de imagen digital con "PC+Scanner Calibrado, donde las imágenes se obtuvieron mediante escáner genius Color Page Vivid 4XE Calibrado, con "Target on Kodak Profesional paper (incluido CD), IT 8.7/2 Reflective Scanner.

Una vez obtenido el perfil de referencia se obtuvieron las lecturas de las imágenes, normalizadas en 200 píxeles en RGB y transformadas a coordenadas L, a, b con el software COREL PHOTO PAINT8 de Microsof. Las mediciones se realizaron en las caras radial o muestra tangencial para la obtención de los valores de luminosidad 1 Negro 100 Blanco (L), tonos de rojo (+a*) verde (-a*) amarillo (+b*) y azul (b*). El valor de saturación de color (C) y el ángulo de tinta (H) se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

$$C = (a^*2 + b^*2)^{1/2};$$

$$h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

Se calculó el IC de las muestras, estableciéndose un orden con los valores, de menor a mayor (1 a 5) Los valores de este índice corresponden al valor medio muestra \pm error, que en ningún caso superó el 0.02. Finalmente, los nombres de los colores elegidos fueron dados de acuerdo con el número de repeticiones sugerido por los encuestados, y posteriormente adaptados a los parámetros colorimétricos obtenidos por el espectrofotómetro.

COLORIMETRO

Cichlasomafestae

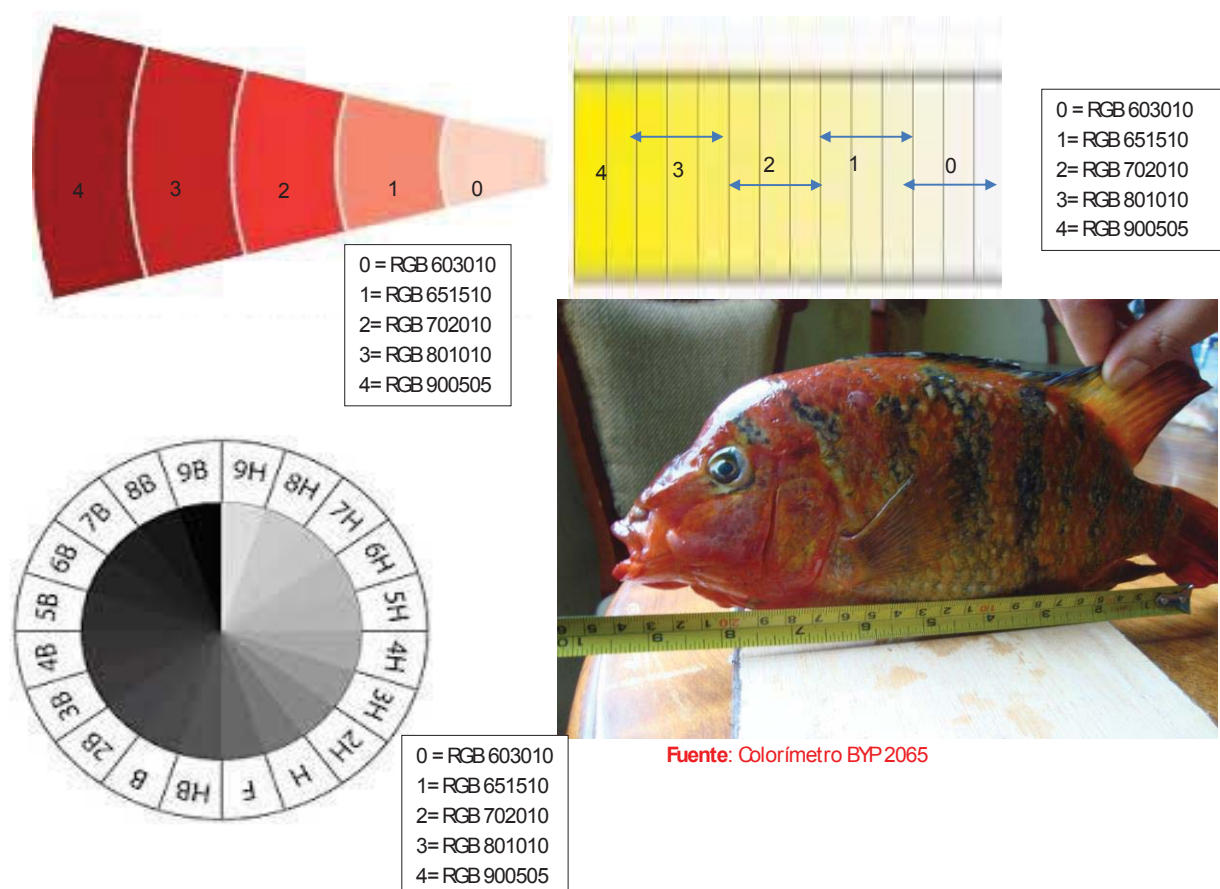


Figura 3. 74. Escala colorimétrica para la Vieja Colorada.

Resultados

Se presenta la escala colorimétrica elaborada, así como la guía de campo establecida para su aplicación en estudios posteriores.

A partir de la información (Tabla 1.22 y 1.23) se construye la escala colorimétrica de la masa corporal y zona ventral. Los resultados cuantitativos obtenidos permiten verificar la utilidad de la escala colorimétrica propuesta. La escala colorimétrica propuesta permite una valoración objetiva rápida del pescado a partir de una valoración de atributos cualitativos. Esta valoración es intuitiva y depende de la pericia del técnico por lo que requiere de un adiestramiento y cualificación.

Tabla 3.48. Escala colorimétrica de la Vieja colorada. Masa corporal (Gama del rojo)

Categoría	Escala	Guía de campo
1	R936	ROSADO BAJO
1	G786	ROSADO BAJO
1	B692	ROSADO BAJO
2	R745	NARANJA-ROJIZO
2	G435	NARANJA-ROJIZO
2	B358	NARANJA-ROJIZO
3	R610	ROJO
3	G250	ROJO
3	B339	ROJO
4	R486	ROJO INTENSO
4	G218	ROJO INTENSO
4	B206	ROJO INTENSO
5	R316	ROJO SANGRE
5	G197	ROJO SANGRE
5	B188	ROJO SANGRE

Tabla 3.49. Escala colorimétrica de la Vieja colorada. Zona ventral (Gama del amarillo)

Categoría	Escala	Guía de campo
1	R 598	BLANCO HUESO
1	G 573	BLANCO HUESO
1	B 513	BLANCO HUESO
2	R 504	AMARILLO PALIDO
2	G 461	AMARILLO PALIDO
2	B 365	AMARILLO PALIDO
3	R 510	AMARILLO BAJO
3	G 406	AMARILLO BAJO
3	B 180	AMARILLO BAJO
4	R 470	AMARILLO PATITO
4	G 377	AMARILLO PATITO
4	B 166	AMARILLO PATITO
5	R 491	AMARILLO INTENSO
5	G 392	AMARILLO INTENSO
5	B 155	AMARILLO INTENSO

Del mismo modo se opera en el caso de la vieja azul, estableciendo dos escalas de valores para la masa corporal y la aleta caudal. La masa corporal fluctúa en la gama azul-verde, en tanto que el extremo de la aleta caudal desde el amarillo al rojo.

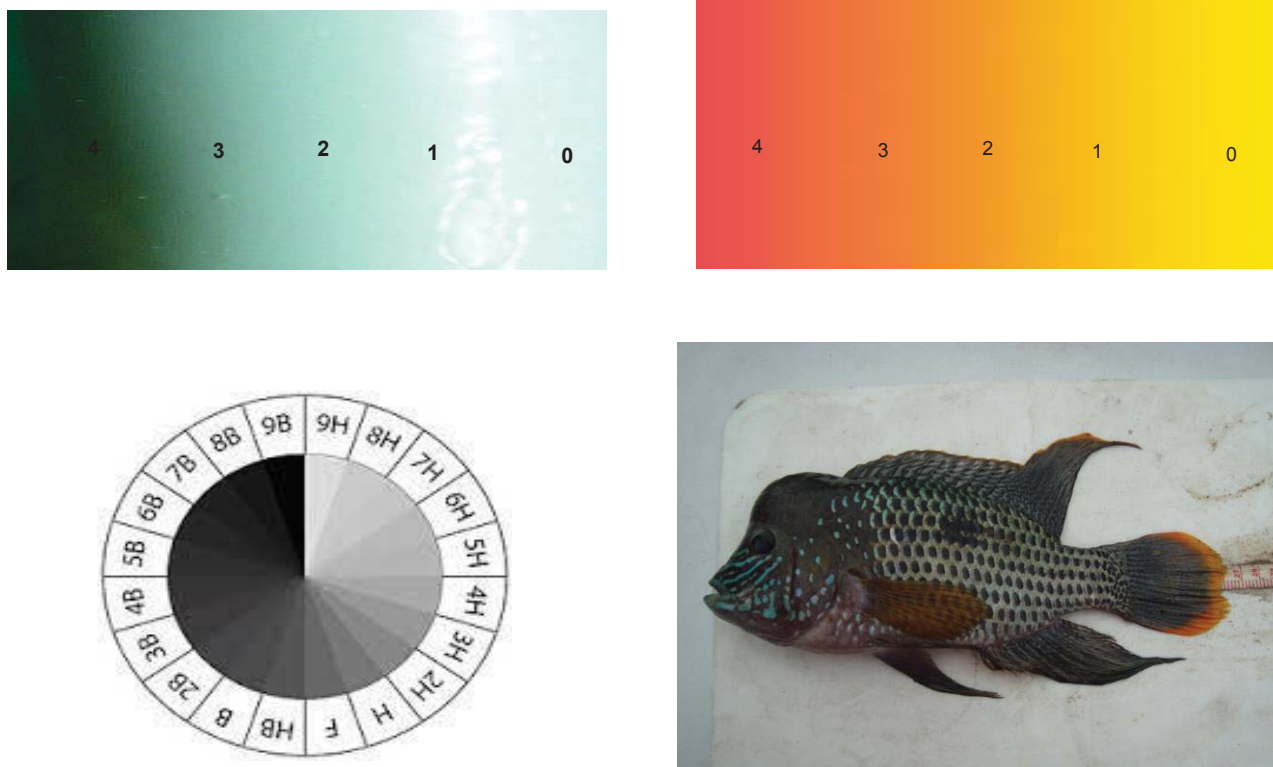


Figura 3. 75. Escala colorimétrica para la Vieja Azul.

Tabla 3. 32. Escala colorimétrica dela Vieja azul. Masa corporal (Gamanaranja)

Categoría	Escala	Guía de campo
1	R773	NARANJA CLARO
1	G576	NARANJA CLARO
1	B 223	NARANJA CLARO
2	R767	NARANJA INTENSO
2	G557	NARANJA INTENSO
2	B 220	NARANJA INTENSO
3	R429	ROJO
3	G274	ROJO
3	B 132	ROJO
4	R406	ROJO INTENSO
4	G245	ROJO INTENSO
4	B 145	ROJO INTENSO
5	R329	ROJO SANGRE
5	G175	ROJO SANGRE
5	B 130	ROJO SANGRE




Tabla 3. 33. Escala colorimétrica de la Vieja azul. Aleta caudal (Gama turquesa).

Categoría	Escala	Guía de campo
1	R789	CELESTE
1	G853	CELESTE
1	B 848	CELESTE
2	R731	AZUL CIELO
2	G797	AZUL CIELO
2	B 779	AZUL CIELO
3	R475	TURQUESA
3	G604	TURQUESA
3	B 578	TURQUESA
4	R173	TURQUESA OSCURO
4	G247	TURQUESA OSCURO
4	B 216	TURQUESA OSCURO
5	R110	AZUL OSCURO
5	G125	AZUL OSCURO
5	B 121	AZUL OSCURO

Conclusiones

El estudio realizado permite validar las dos escalas colorimétricas propuestas que fluctúan entre 1 y 5 para la valoración de la vieja colorada y la azul colorada. Asimismo, la traslación de la escala colorimétrica a una guía de campo facilita su utilización por parte del productor en distintos aspectos de la producción animal: estado de salud de los animales, constituye un indicador de bienestar y se puede utilizar como herramienta de selección de acuerdo a los mercados y consumidores objeto de la producción. La escala constituye un elemento de campo de gran utilidad en la valoración del estado de los alevines y futuros reproductores. Conforme disminuye la escala, aumenta la intensidad de color de la guía de campo

ANEXO. Planilla de datos

 Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca Subsecretaría de Acuacultura														
HOJA DE CONTROL SEMANAL DEL PROYECTO PECES DE AGUA CONTINENTALES														
N°.- control: _____														
Fecha: _____														
	Peso	Long	ancho	h=altura	Oxígeno	Tp_agua	Tp_ext	pH	color	conductividad	TDS	Observación		
T1_VA_R1														
T1_VA_R1														
T1_VA_R1														
T1_VA_R1														
T1_VA_R1														
T1_VC_R1														
T1_VC_R1														
T1_VC_R1														
T1_VC_R1														
T1_VC_R1														
T1_VA_R2														
T1_VA_R2														
T1_VA_R2														
T1_VA_R2														
T1_VA_R2														
T1_VC_R2														
T1_VC_R2														
T1_VC_R2														
T1_VC_R2														
T1_VC_R2														
T1_VA_R3														
T1_VA_R3														
T1_VA_R3														
T1_VA_R3														
T1_VA_R3														
T1_VC_R3														
T1_VC_R3														
T1_VC_R3														
T1_VC_R3														
T1_VC_R3														
TOTALES														
REALIZADO POR: _____					REVISADO POR: _____									

Capítulo 4

CAPITULO 4. MODELIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Cichlasoma festae*. ALOMETRÍA.

4.1. Revisión bibliográfica: Modelos matemáticos como herramienta para estudiar el crecimiento en peces

Una revisión del estado del arte de modelos matemáticos fue desarrollada para estudiar el crecimiento en los peces, y en especial el crecimiento en *Cichlasoma festae*. En un primer lugar se llevó a cabo una descripción de las particularidades ambientales (Capítulo 3) de distintas experiencias llevadas a cabo con *C. festae* en Ecuador. En el Capítulo 4 se aborda la caracterización del crecimiento mediante los cuatro modelos no lineales más utilizados en crecimiento de especies acuáticas: logístico, Gompertz, von-Bertalanffy y Richard. La importancia de estos modelos es la interpretación biológica de los parámetros estimados y su aplicación en otras disciplinas. Finalmente se estudiaron distintas técnicas para la evaluación y validación de los modelos de crecimiento.

Introducción

Los métodos de simulación y predicción del comportamiento para contribuir al manejo productivo de diferentes animales acuáticos han evolucionado estructuralmente en los últimos años. Se ha evolucionado de los sistemas **estáticos** de formulación de los requerimientos alimenticios a sistemas **dinámicos** de simulación donde se pueden caracterizar la respuesta animal incluyendo factores y condiciones ambientales diferentes que expresan diferentes realidades o sistemas productivos (Aguilar, 2010)

El crecimiento de los peces es una de las condiciones más estudiadas a través de modelos de simulación. Estos modelos de caracterización de especies acuáticas se definen como un fenómeno complejo, indeterminado y de gran aplicación en numerosas disciplinas (reproducción, nutrición, etc.). Una de las herramientas disponibles para su estudio es la **modelización matemática** con numerosos niveles de complejidad, siendo la aproximación empírica, la de mayor facilidad y en donde diversas funciones se han desarrollado con el fin de ajustar las variables de longitud y peso corporal.

En consonancia con lo descrito por Aguilar (2010) en un estudio del crecimiento de Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) alimentadas con diferentes dietas, existen otras alternativas más inductivas e integrales que abordan una aproximación mecanística mediante modelos bioenergéticos, y de dinámica de macromoléculas (agua, lípidos, proteína, cenizas) en los cuales a partir de los contenidos de dichos componentes corporales de los peces a diferentes edades se definen funciones matemáticas o relaciones alométricas, siendo de gran interés para el diseño y formulación de piensos y la evaluación de la eficiencia del uso de los nutrientes así como del impacto ambiental (Dumas et al., 2010; Hua et al., 2010).

Modelización matemática: concepto y tipología

Desde un punto de vista sistémico un modelo es la representación de los mecanismos que rigen un fenómeno natural (Aguilar, 2010). La modelización matemática es una herramienta de elevada utilidad en la toma de decisiones que permite a los acuicultores y a los investigadores desarrollar predicciones y generar políticas de manejo dentro de un sistema de producción. En nuestro caso, esta herramienta nos permitirá conocer los parámetros de crecimiento de una especie nativa de agua dulce en Ecuador, como es la Vieja colorada (*C. festae*).

De acuerdo a Casas (2007) y Aguilar (2010), los modelos de crecimiento pueden ser clasificados atendiendo a diferentes criterios:

Criterio 1.- Grado de explicación del crecimiento (fenómeno): según explique el fenómeno se pueden clasificar en:

- Empírico: grado de explicación del fenómeno es bajo que se basan en la observación directa, medición y registros de datos extensos.
- Mecanístico: estos modelos se basan en la comprensión del comportamiento de los componentes de un sistema y que establecen relaciones de causa-efecto

Criterio 2.- Naturaleza de los parámetros estimados del modelo:

- Determinístico: cuando el valor de dichas variables es exacto.
- Estocástico: si en las variables se incluyen distribuciones de probabilidad.

Criterio 3.- Variable tiempo: de acuerdo a la incorporación de la variable tiempo, podemos tener modelos dinámicos en aquellos donde se incorpora y modelos estáticos los cuales se definen en un momento determinado.

De acuerdo a Toro-Mujica (2011), cuando se plantea la estimación un modelo es necesario disponer de información estadística de las variables que se utilizarán en la construcción de éste y por otro lado es importante tener claros los objetivos que se quieren alcanzar en dicha función (Toro-Mujica, 2011).

En la elaboración de un modelo es posible distinguir al menos cuatro fases, tal y como se muestra en la Figura 4.1.

1. Recogida de información y selección de variables
2. Especificación del modelo y estimación de los parámetros
3. Evaluación y validación
4. Selección del modelo

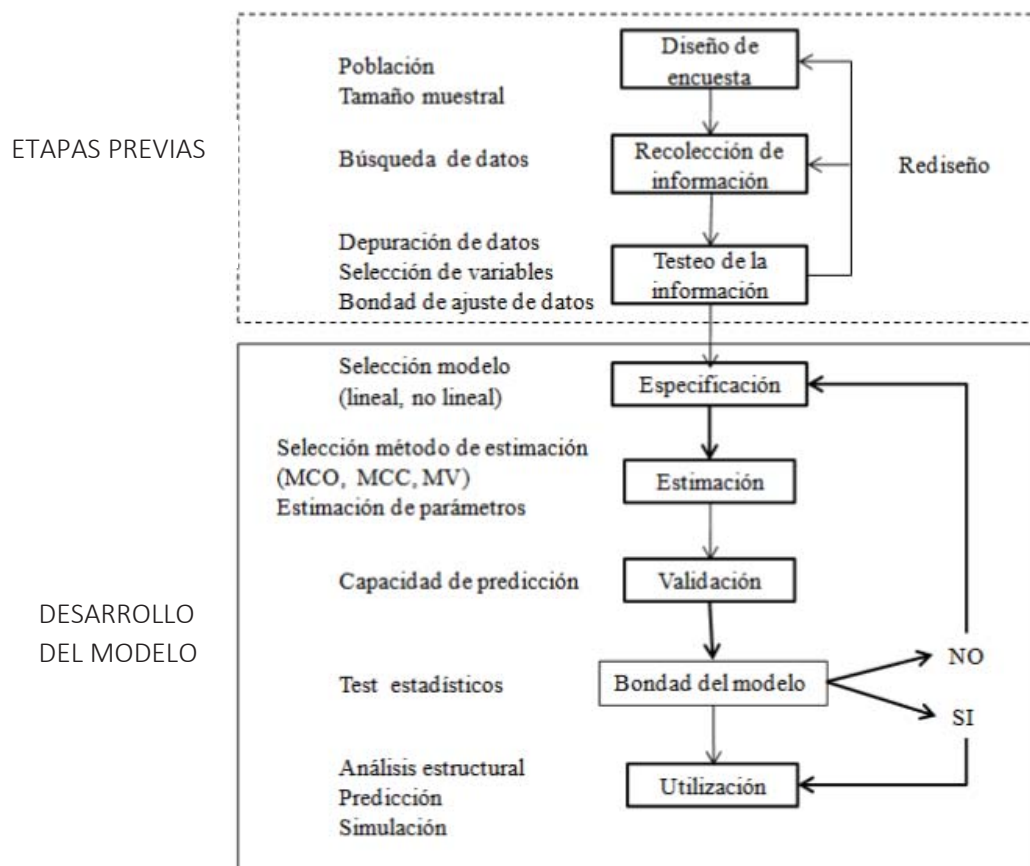


Figura 4. 1. Etapas en la elaboración de modelos (Fuente: Toro-Mujica, 2011)

Determinación de los parámetros de crecimiento en peces.

1.-Modelo logístico (Verhulst, 1838)

El modelo logístico es uno de los primeros modelos matemáticos en desarrollarse para describir el crecimiento animal. Se expresa como sigue:

$$W_{(t)} = \frac{W_{\infty}}{1 + b * e^{-k*t}}$$

Donde:

$W_{(t)}$ es el peso a una determinada edad t

W_{∞} es el peso adulto (peso asintótico)

b es un parámetro de ajuste del modelo

k es la tasa de maduración o coeficiente de crecimiento

t es la edad en días

1. Modelo de Gompertz (Winsor, 1932)

Inicialmente este modelo fue desarrollado partiendo del modelo propuesto por Benhjamin Gompertz en 1925 para describir la mortalidad en humanos. Se expresa como sigue:

$$W_{(t)} = W_{\infty} e^{-a e^{(-k t)}}$$

Donde:

$W_{(t)}$ es el peso a una determinada edad t

W_{∞} es el peso adulto (peso asintótico)

a es un parámetro de ajuste del modelo

k es la tasa de maduración o coeficiente de crecimiento

t es la edad en días

2.- Modelo de von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1957)

De acuerdo a von Bertalanffy (1957) el crecimiento corresponde a la diferencia entre la tasa de anabolismo y la tasa de catabolismo. En este contexto el crecimiento en peces en función de su longitud viene dado por la siguiente expresión:

$$L(t) = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

L es el peso a una determinada edad t

L_{∞} es el peso adulto (peso asintótico)

k es la tasa de maduración o coeficiente de crecimiento

t es la edad en días

t_0 es la hipotética edad (días) en la cual la longitud se hace cero.

La Figuras 4.2 muestra de manera esquemática el crecimiento a través de un modelo convencional de von-Bertalanffy y de un modelo logístico donde se puede observar el punto. Por otro lado, la Figura 4.3 muestra la comparación de modelos de crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

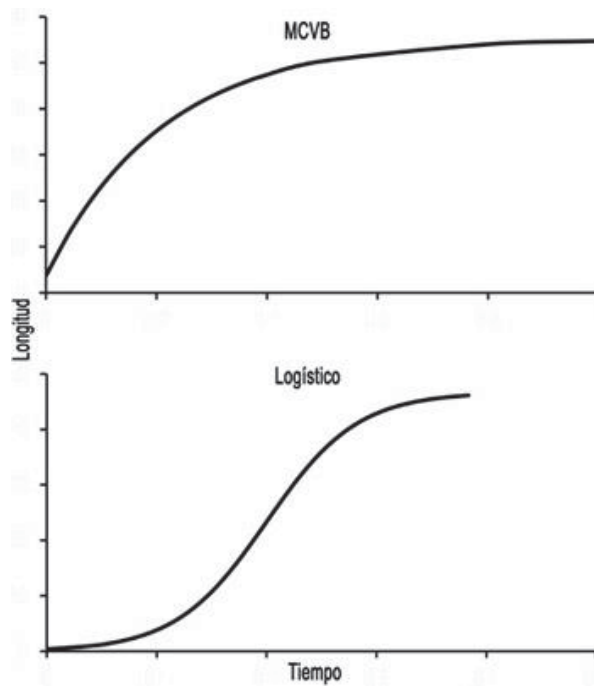


Figura 4. 2. Modelos esquemáticos (MCVB: modelo convencional de von-Bertalanffy) (Fuente: Aragón-Noriega, 2016).

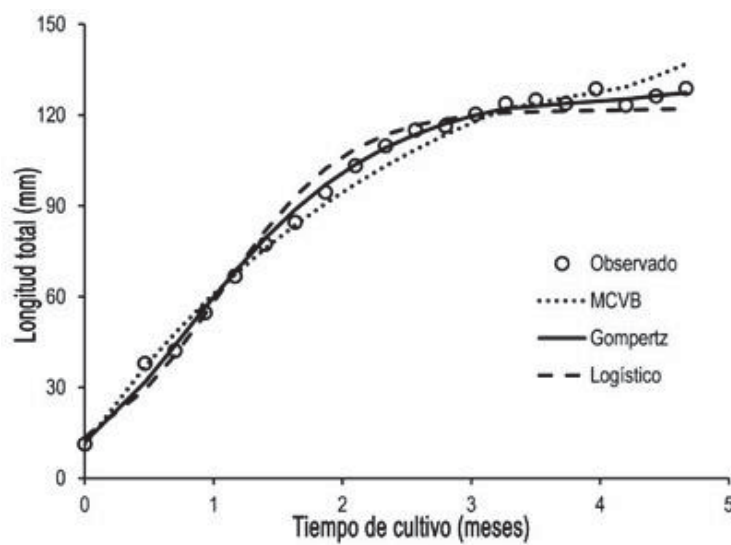


Figura 4. 3. Comparación de modelos de crecimiento en cultivos de MCVB: modelo convencional de von-Bertalanffy. (Fuente: Aragón-Noriega, 2016).

3.- Modelo de Richard (Richards, 1959)

Finalmente, Richard (1959) desarrolló un modelo para especies vegetales (usado en crecimiento animal) más generalizado que se caracteriza por la flexibilidad de adaptación a la forma de la curva. Se describe como sigue:

$$W_{(t)} = \frac{W_{\infty}}{(1 + e^{a(-k+t)})^{\frac{1}{b}}}$$

Donde:

$W_{(t)}$ es el peso a una determinada edad t

W_{∞} es el peso adulto (peso asintótico)

a, b , son parámetros de ajuste del modelo

k es la tasa de maduración o coeficiente de crecimiento

t es la edad en días

Relación de alometría

El cálculo de la relación peso-longitud (W-L) o alometría permite la conversión de modelos de crecimiento en longitud a modelos de crecimiento en peso. La estimación de la relación W-L se realizó mediante el ajuste de una curva exponencial a los datos expresados en su forma logarítmica, de acuerdo a Santos et al. (2002) (Figura 4.4)

$$W = a * L^b$$

$$\ln W = \ln a + b * \ln L$$

Donde:

a es el intercepto o factor de condición

b es la pendiente o coeficiente de crecimiento

W es el peso total en g

L es la longitud total en cm.

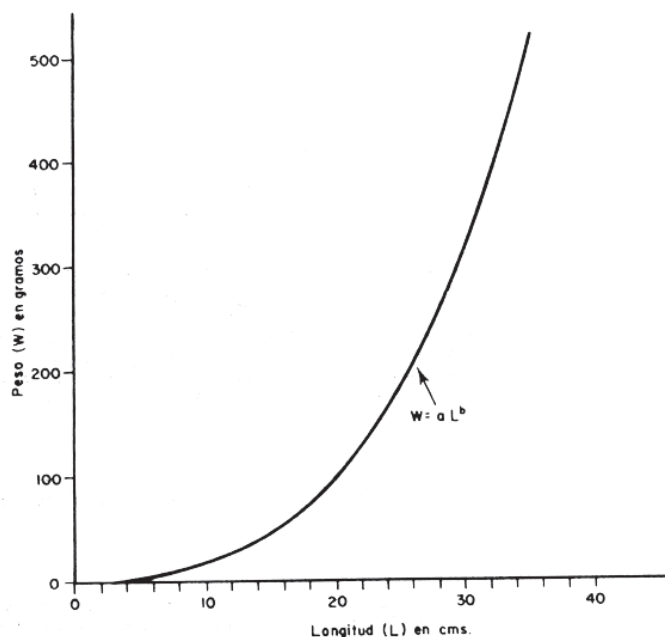


Figura 4. 4. Curva de la relación entre la longitud y el peso.

Los parámetros a y b de las relaciones L-W se estiman mediante análisis de regresión lineal utilizando el modelo linealizado logarítmico. La relación W-L muestra un crecimiento isométrico cuando $b = 3$. Por el contrario, cuando $b > 3$, los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando crecimiento alométrico positivo. En cambio, cuando $b < 3$, los individuos incrementan preferencialmente su longitud relativa más que su peso.

Validación de los modelos

La validación de los modelos se basa en verificar su grado de precisión y es necesario para su posterior aceptación y utilidad. La calibración es una fase importante en el proceso de construcción del modelo y consiste en la estimación de los parámetros de las ecuaciones que relacionan los componentes del modelo a partir de la información real disponible (Tedeschi, 2006).

Los diferentes modelos de crecimiento se ajustan mediante iteraciones siguiendo la metodología de Levenberg-Marquardt. La selección del mejor modelo se realizó mediante el

coeficiente de determinación (R^2), el error cuadrático medio (MSE) y el Criterio Akaike (AIC) (Akaike, 1974). AIC es una medida de la calidad de ajuste de un modelo estadístico que selecciona el modelo de mejor ajuste utilizando la técnica de máxima verosimilitud, de acuerdo con la metodología propuesta por Katsanevakis y Maravelias (2008). La selección del modelo se efectuó mediante una forma corregida del AICc (Burnham & Anderson 2002). El modelo con el menor valor de AICc ($AIC_{c,min}$) fue el seleccionado como el mejor.

$$AIC_c = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$$

$$AIC = n \left(\log \left(2\pi \frac{RSS}{n} \right) + 1 \right) + 2k$$

Donde:

RSS es la suma de cuadrados de los residuos

n es el número de observaciones

k es el número de parámetros a estimar

Después de la selección del modelo de valor AIC se calculan los incrementos de AIC sobre ese valor mínimo ($\Delta_i = AIC_{c,i} - AIC_{c,min}$). Finalmente, los modelos con $\Delta_i > 10$ no tienen apoyo y podrían ser omitidos; modelos con $\Delta_i < 2$ tienen apoyo sustancial, mientras que aquellos modelos con $4 < \Delta_i < 7$ tiene menos soporte (Burnham and Anderson, 2002).

4.2. Allometric relationship and growth models of juveniles of *Cichlasoma festae* (Perciforme: Cichlidae), a freshwater species native in Ecuador.

Abstract

Ecuador is considered the fishing capital of the Southeastern tropical Pacific with more than 900 native species. *Cichlasoma festae* represents an economic important freshwater species of much local use. Thus, in this study, our goal was to characterize this fish species during juvenile stages, as the first step for its conservation and valuation, and also for the preparation of proposals for sustainable rural development and formulation of plans for environmentally responsible fisheries management. The study lasted 25 weeks and was undertaken in the ictiohidrographic area of Province of Los Rios, which accounts for 35% of native fish species in Ecuador. Weekly, the individual biometric parameters total length (L), body width (BW) and body depth (BD) of 90 juveniles of *C. festae* were measured. Growth was determined using non-linear biological regression models. The average standard length varied between 6.30 cm and 12.25 cm and the average weight varied between 4.99 and 35.71 g. The length-weight relationship was best fit by the equation $\ln W = -3.92 + 2.96 \ln(L)$, and the species presented negative allometric growth. Finally, the best fit for the growth of *C. festae* was the Von Bertalanffy's model where $L_{\infty} = 19.758$ cm, $k = 0.028$ cm week⁻¹ and $t_0 = -14.463$ week⁻¹. We concluded that the growth record from length might be associated to photogrammetry as a great tool for developing of sustainable and reliable fishery production.

Key words: *Cichlasoma festae*, growth models, allometry, conservation, native species.

Introduction

Ecuador is considered a biodiversity reservoir especially for the native's freshwater fish species in the Southeastern Tropical Pacific (Álvarez-Miele's, Irvine, Griensven, Arias-Hidalgo, Torres, & Mynett, 2013). Nine hundred and fifty-one Ecuadorian native species are recognized and grouped in 22 orders, 72 families, 17 subfamilies and 393 genders which represent the 7.8% of freshwater species of the world, and a 21% of the species in South America (Barriga, 2012).

In Ecuador, fisheries contribute with 7% of the total supply of animal protein, estimated at 391 700 t catches made by capture fisheries in 2011 (Sirén, 2011). These catches are made by artisanal fishers in areas such as rivers, lakes, ponds, lagoons, gorges and dams. Ecuador harbors the largest artisanal and small-scale fisheries with responsible practices and environmentally friendly fishing activities, that promote conservation of aquatic resources and ecosystems (Rodriguez et al. (2014). This way, Agbayani, Baticados, Quintio and Tormon-West (2013) indicated that small-scale aquaculture may contribute with food security in the poorest rural areas, and may promote social cohesion and local endogenous development, and at the same time, may enhance livelihoods and biodiversity conservation. The plan is that the conservation of native fisheries resources, can be integrated as an essential part of biodiversity maintenance, and joint efforts between authorities, scientists, and local fishers can work together for the sustainability and management of these aquatic zoogenetic resources.

Currently, the native cichlids in Ecuador have come to risk (García, Tume & Juárez, 2011), mainly due to the replacement of native species by foreign species such as tilapia, because these have highly invaded most areas, and the high catches of native local resources (Canonico, Arthington, McCrary & Thieme, 2005).

In order to produce and preserve the native species, the administration state created the Cachari Experimental Station, located in Babahoyo in the province of Los Ríos, where a conservation programme for native species is currently being developed by the Subsecretaría de Acuacultura of Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). According to MAGAP, the cultivation of *Cichlasoma festae* is becoming more and more popular due to its good growth rate, fecundity, ease of manipulation, ability to grow under suboptimal environmental conditions, disease resistance and good consumer acceptance. The first step in developing a conservation plan of a native resource, is the characterization of the species, knowledge of the allometric relationships and estimating its growth models (Delgadillo-Calvillo, Martinez-Palacios, Berruecos-Villalobos, Ulloa-Arzivu, López-Ordaz, & Vazquez-Pelaez, 2012).

Currently, very few studies have characterized the growth of *C. festae* in Ecuador. In fishes, the stock assessment uses biological parameters that influence growth such as the weight and length (Wells, Kohin, Teo, Snodgrass & Uosaki, 2013; Karachle & Stergiou, 2012; Siddique,

Arshad & Amin, 2015). According to Santos, Gaspar, Vasconcelos and Monteiro (2002), length-weight relationship presents several applications, i.e. fish biology, physiology, ecology and fisheries assessment and management. For fisheries population assessment, management and conservation of native species in Ecuador, a mathematical expression of the mean individual body growth was required, relating the size of the species to its age (Katsanevakis & Maravelias, 2008). Nowadays, different growth models are applied: Von Bertalanffy growth pattern is the most widespread in studies (Von Bertalanffy, 1938), although Gompertz pattern (Gompertz, 1825) and Richard's growth model (Ricker, 1975) are frequently also applied. On the other side, since cichlid farming practices in Ecuador is a relatively recent activity, there are no specific and formal growth studies for local species. Thus, the aim of this research was to provide an initial characterization of the *Cichlasoma festae* growth during its juvenile stage under semi-controlled conditions, in order to enhance the conservation of this genetic resource, and to promote a sustainable and reliable fishery production.

Materials and Methods

Study area and culture conditions

The study was carried out in the Breeding and Conservation Center for Native Species of the Cachari Experimental Station (1°47'59" S - 79°28'54" W) of the Sub-Secretary of fish farming, from the MAGAP on Babahoyo, province of Los Rios (Ecuador). The climate of this area is tropical with an average temperature of 25°C, an annual rainfall of 2 400 mm and a relative humidity of 82 %. A total of 720 juveniles of *C. festae* of three weeks old were cultured, in net cages fixed in a pond bypass of the Babahoyo River, between September 2014 and February 2015. Since male and female could not be differentiated morphologically, sexing of the sampled fish was not carried out. The net cages were fixed in a surface of 1 m² and submerged 1 m, and were filled at a density of 20 fish per m², for a total of 18 net cages fixed. A random sample of five fingerlings per cage was taken every week, and each fish was weighed and measured individually. The following biometric parameters were obtained: total length (L), body width (BW) and body depth (BD) (with an ichthy-meter) and body weight (W) (on a top loading digital balance to an accuracy of 0.1 g). (Santos et al., 2002). The juveniles of *C. festae* were fed with an extruded concentrate composed by 35% protein, which was

initially administered *ad libitum*, and then adjusted to 3% of live weight, according to the nutritional recommendations of MAGAP. The study was carried out according to the Ecuadorian national recommendations for the management of fish, taking into consideration the regulations of animal welfare.

Growth model estimations

Firstly, the normality of the distribution of body weight and total length was verified using a Kolmogorov-Smirnov test. The variability of the individual weights and length was expressed as the coefficient of variation. Growth was modelled using non-linear regression analysis. The estimation of growth parameters was performed from weight after Gómez-Ponce, Granados-Flores, Padilla, López-Hernández, and Núñez-Nogueira (2011) and length following Milatou and Megalofonou (2014). We decided to build a model of growth from the length due to less variability of data. Different growth models were fitted to explain the growth of *C. festae* according to Barreto, Lessa, Hazin, and Santana (2011): the von Bertalanffy's growth model (VBGM, von Bertalanffy, 1938); the Gompertz's growth model (Gompertz, 1825); and the Richard's growth model (Ricker, 1975). The models were detailed as follows: VBGM: $L(t) = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$; Gompertz: $L(t) = L_{\infty}e^{[-\alpha e^{(-kt)}]}$; Richard: $L(t) = \frac{L_{\infty}}{[1 + e^{(-k(t+b))}]^m}$; where $L(t)$ = length at age t ; L_{∞} = maximal asymptotic length; k = growth coefficient; t_0 = theoretical age at which fish has zero length; α and b = regression parameters and m = constant.

The different growth models were fitted with iterations by means of the Levenberg-Marquardt method for nonlinear least squares. The selection of the best model took place by using the coefficient of determination (R^2), the mean squared error (MSE) and Akaike Criterion (AIC) (Akaike, 1974). AIC is a measure of the quality of a selected statistical model that best fits the data using the maximum likelihood technique, according to the methodology proposed by Katsanevakis and Maravelias (2008). Bias-corrected form (AIC_c) of AIC was used for model selection as follows: $AIC_c = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$, where $AIC = n \left(\log \left(2\pi \frac{RSS}{n} \right) + 1 \right) + 2k$; RSS is the residual sum of squares, n the number of observations and k is the number of estimable parameters. The model with the smallest AIC_c value ($AIC_{c,min}$) was selected as the best among the models tested. The AIC differences ($\Delta_i = AIC_{c,i} - AIC_{c,min}$) were computed over all models. Finally, models with

differences $\Delta_i > 10$ have essentially no support and might be omitted from further consideration; models with differences $\Delta_i < 2$ have substantial support, while there is considerably less support for model with $4 < \Delta_i < 7$ (Burnham & Anderson, 2002).

Fulton condition factor (K)

Fulton Condition factor (K), which is defined as the well-being of the fish, was calculated using the following equation $K = 100 W/L^3$, where W is total weight, and L is the total length in cm (Froese, 2006). K is a useful tool for monitoring of feeding intensity, age and growth rates (González, Rodríguez, Angón, Martínez, García, & Peña, 2016).

Length-weight relationship

Length-weight (L-W) relationship of *C. festae* was evaluated using the allometric regression analysis (González et al., 2016; Dantas, de Araújo, Fernandes de Oliveira, Silva, & Costa, 2016). The estimation of L-W relationship was made by the adjustment of an exponential curve to the data expressed in its logarithmic form (Santos et al., 2002). L-W relationship was expressed as $W = a L^b$, the logarithmic transformation of which gives the linear equation $\log W = \log a + b \log L$, where, W is the total weight in grams, L is the total length in centimetres, a is constant for the initial growth index and b is the growth coefficient. Constant a and b represent the point at which the regression line intercepts the y axis and the slope of the regression line, respectively. The L-W relationship shows an isometric growth when $b = 3$. Finally, in order to confirm the values of the constant b (slope of L-W relationship model) they were compared with Student's t-test ($H_0: b=3$) to detect any significant differences on the L-W relationship.

The level of significance in all cases was considered at $P \leq 0.05$. All statistical analyses were done using SPSS v.15.

Results

Growth models estimations:

A total of 720 juveniles of *C. festae* were cultivated during 25 weeks. At the beginning of the study, the average weight and length were 4.99 g (Standard Deviation, SD = 0.13) and 6.3 cm (SD = 0.14), respectively, and the average daily growth was 0.199 g.day⁻¹. At the end of the experiment the average weight and length were 35.71 g (SD = 16.38) and 12.25 cm (SD = 2.32). Both individual distributions of weight (Kolmogórov-Smirnov = 0.11; P = 0.20) and length (Kolmogórov-Smirnov = 0.12, P = 0.145) were adjusted to a normal distribution; but a variability lower than 3 % was found for both weight and length data. From the fourth week of the experiment, the weight coefficient of variation (CV) increased significantly (P < 0.01); these differences remained during the subsequent weeks (P < 0.01) (data no presented). The fish final weight showed a variation of 36 % for the sample as a whole, while lower CV for length was observed in a range between 10 to 20% (data no presented) with a mean value 15.7%.

The growth parameters estimated for juveniles of *C. festae*

See Table 4.1. Von Bertalanffy's model presented the greater value L_{∞} (19.758 cm). Likewise, VBGM showed the higher growth constant of all the studied models (0.028 week⁻¹). Finally, only VBGM model described t_0 value, which indicates the theoretical age at which fish has zero length (-14.463 weeks). These parameters were used to construct the growth curve of *C. festae* (Figure 4.4.).

The coefficient of determination (R^2), the mean square error (MSE) and Akaike Criterion (AIC, AIC_c and the differences Δ_i) were calculated for each data set in each estimated model, (Table 4.2). The coefficient of determination is widely used by statisticians as a goodness of fit indicator; which had the upper value for VBGM. Likewise, Von Bertalanffy's model presented the lower SEM. Finally, the lowest AIC values were estimated using VBGM model which was considered the best model describing the growth of *C. festae*. Those were followed by Richard's model, which reached a very similar AIC value ($\Delta_i < 2$) and the Gompertz's model ranked fourth with $\Delta_i > 2$.

Tabla 4. 1 Growth models and parameters estimated for *Cichlasoma festae*.

Model	L_{∞}	SD	CI (-/+)	k	SD	CI (-/+)	t_0	SD	CI (-/+)
VBGM	19.758	2.32	15.21/24.3	0.028	0.06	0.014/0.039	-14.463	1.726	-17.28/-10.51
Gompertz ²	16.51	0.998	14.55/18.47	0.008	0.001	0.006/0.009	-	-	-
Richard ³	16.50	4.49	7.67/25.32	0.008	0.009	-0.009/0.024	-	-	-

VBGM: von Bertalanffy's growth model; L_{∞} = maximal asymptotic length (cm); SD: Standard deviation; CI: Confidence interval; k = growth constant (week⁻¹); t_0 = theoretical age at which fish length is zero (weeks), ² a= 1.059; ³ b= -4.846; m= 135.136

Tabla 4. 2. Ranking of the four models based on R2, MSE and Akaike information criterion values.

Model	R ²	MSE	AIC	AIC_c	Δ_i
VBGM	0.6839	1273.9	1824.86	1824.88	0
Gompertz	0.6837	1274.6	1827.10	1827.14	2.26
Richard	0.6837	1274.6	1825.10	1825.12	0.24

VBGM: von Bertalanffy's growth model; R²: coefficient of determination; MSE: the mean square error; AIC: Akaike Criterion AIC_c : Bias-corrected form of AIC ; Δ_i : AIC differences ($\Delta_i = AIC_{c,i} - AIC_{c,min}$)

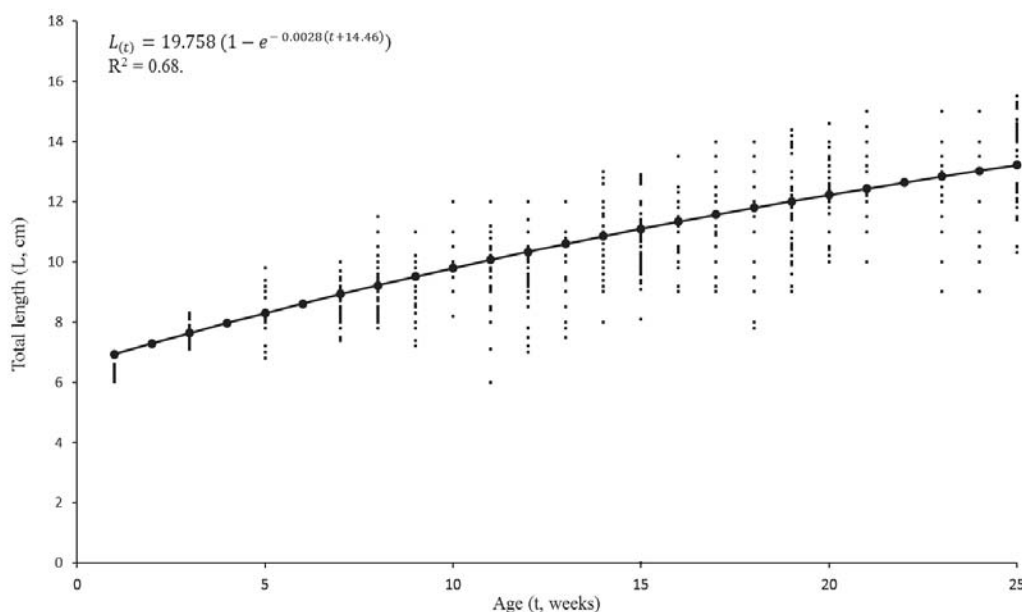


Figure 4. 5. Estimated Von Bertalanffy's growth curve and observed values for *Cichlasoma festae*.

Fulton condition factor (K)

The mean value of the condition factor K was 1.76 (SD =0.26) for the original data (from a range of 0.65 to 3). The coefficient of variation was not high (14.90 %).

Length-weight relationship

L-W relationship was estimated by the function: $W = 0.0198 L^{2.96}$ ($\ln W = -3.92 + 2.96 \ln(L)$) with a coefficient of determination (R^2) of 94.7 %; and allometric coefficient (b) lower than 3. The parameter b had a mean value of 2.96 (SD = 0.019), subsequently, the significance was verified considering the value of 3 by the use of a t-test (t -test = 25.7; $P \leq 0.05$), therefore, an allometric growth during juvenile stage of *C. festae* was obtained (Figure 4.5).

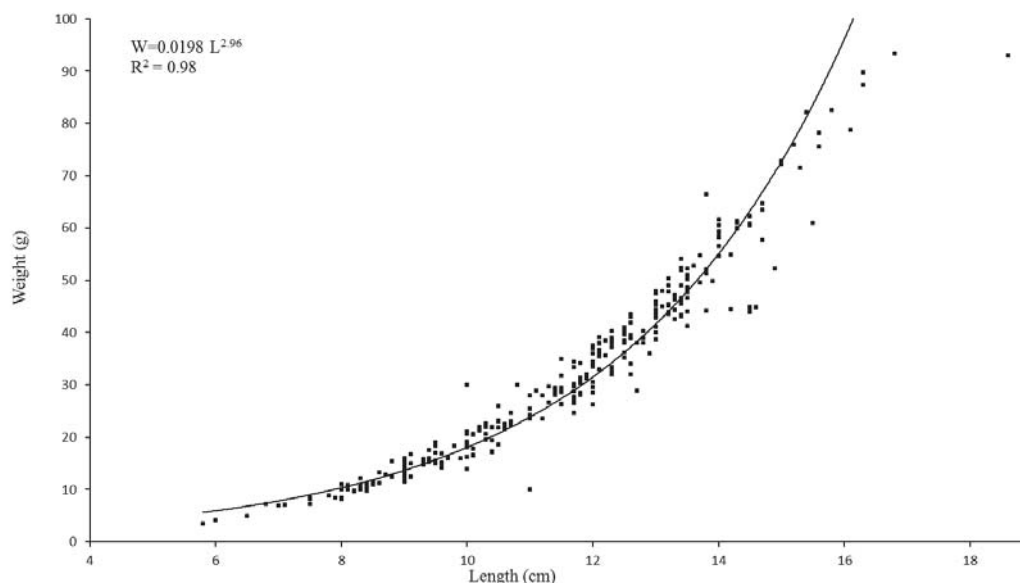


Figura 4. 6. Length-weight relationship of *Cichlasoma festae*.

Discussion

The average daily growth of juveniles of *C. festae* was lower than those reported for *Tilapia nilotica* (0.49 day^{-1}) (Gómez-Ponce et al., 2011). At the beginning of the study, variability lower than 3% was found in both weight and length, similar to *Dicentrarchus labrax* results of Saillant et al. (2003). The low correlation between weight-length with the width (lower than 0.6), could be referred to a juvenile stage data of *Cichlasoma*, but not to the final stage, where length and weight increased faster than width (Rodríguez et al., 2014).

The Von Bertalanffy's growth model was fitted to mean length and growth parameters ($L(t) = 19.758 (1 - e^{-0.0028(t+14.46)})$) with an R^2 of 0.68. Studies on *Tilapia* growth in Mexico obtained 56.83 for L_{∞} and 0.13 for k (Palacios, 1995). Likewise, Gómez-Ponce et al. (2011) obtained higher values of L_{∞} and k ($L_{\infty} = 28.11 \text{ cm}$; $k = 0.33 \text{ week}^{-1}$) for *Tilapia*. However, no *C. festae* data were available.

The condition factor K is a useful index to monitor feeding intensity, age, and growth rates in fish (Oni, Olayemi, & Adegboye, 1983). It is strongly influenced by both biotic and abiotic environmental conditions and can be used as an index to assess the status

of the aquatic ecosystem in which fish live. The condition factor values of *C. festae* from the current study (1.76) were lower than those registered by Chukwuemeka, Tsadu, Ayanwale, Erhabor, and Falusi (2014) in *Tilapia aurea*, *Tilapia galileae* and *Auchenoglanius occidentalis* and lower than those reported by Anene (2005) in four cichlid fishes (4.9). However, Fagbuaro, Oso, Olurotimi and Akinyemi (2015) recorded significantly lower values (0.68) in *Clarias gariepinus* fish. The condition factor K obtained in this study implies that the fish may not have feed to the required level.

The length-weight relationship allowed a closer view of the type of growth of this native species. Santos et al., (2002) defined that the isometric type of growth is when the length and weight increase in the same proportion. According to Delgadillo-Calvillo et al. (2012), in aquaculture, the weight is directly proportional to the cube of its length ($b=3$); this shows an isometric growth, therefore, if $b < 3$ the growth is negative allometric, while for value over 3, the allometric is positive. The estimated parameter allometric (b) from the weight-length relationship had the value of 2.96 and the intercept of 0.0198. The results showed that the rate of weight gain is less than the rate of length increase. The L-W relationship showed a growth of negative allometric type, the value of the coefficient was $b= 2.96$. García et al., (2012) indicated an isometric growth between length and weight for *Oreochromis niloticus* in Peru. Similar results were published by Kullander (2003) for *Cichlidae*, where the estimation of b was found between 2.93 and 3.33, and the intercept a was found between 0.00576 and 0.0602. In a similar study by Gómez-Ponce et al. (2011) for *Oreochromis niloticus* in Mexico, allometric coefficients ranged between 2.5 and 3.5 were shown, giving credence to the results of this study.

Barreto et al. (2011) have studied the fish growth by making captures during different growth stages; they have classified the fishes and later have adjusted the recorded measures to a biologic function of Von Bertalanffy. In this study, a direct method was selected according Dampin, Tarnchalanukit, Chunkao, and Maleewong (2012) which studied the growth model of *Oreochromis niloticus* in net cages fixed with semi-controlled conditions. Although of various failures in breeding, the productive cycle is beginning to be discovered, and the breeding can be reproduced in semi-controlled conditions for future experimental models, and to be used in aquaculture conservation.

In order to improve the conservation of native species, future studies must be developed by small scale fishermen generating synergies with researchers. Since stakeholder participation is importantly directed to environmental decision-making processes, they may support the conservation of these local genetics resources. The benefits of different sectors participation on the water quality governance include not only improved interaction and dialogue, but also mutual exchange of knowledge, transparency in the process, and impulse trust among participants.

Future efforts should include genetic and reproductive characterization, in order to promote an integral conservation plan of this resource in Ecuadorian rivers. The obtained non-linear models such L-W relationship as a growth model, constituted suitable indicators of this fish growth; they are easy to obtain, avoid the direct fish handling and diminish risk factors associated with stress and pathology. Moreover, the growth record from length might be associated to photometry, similar to Perea, García, Acero, Valerio and Gómez (2008) in snails; this indicates a great useful for developing of sustainable and reliable fishery production.

IV.- Conclusiones

CONCLUSIONES

1. *Cichlasoma festae* (Vieja Colorada) mostró resultados satisfactorios en cría y reproducción en condiciones semicontroladas en confinamiento con diferentes tecnologías. La reproducción fue exitosa cuando se establecieron condiciones adecuadas en la alimentación, el control de los parámetros del agua dentro del rango recomendado, una proporción machos hembras 1:3, y un sistema de recogida precoz de larvas cada cinco días.
2. Los **alevines** en el intervalo entre 20 a 70 días de vida, lograron mayores niveles de crecimiento y viabilidad con dietas del 50% de proteína frente a niveles de 45 y 40% de proteína
3. En la **primera etapa juvenil**, entre 5 a 20 g de peso vivo, el incremento de la densidad de cría desde 120 a 360 aa/m³ no conllevó la modificación del peso final de los animales.
4. En la **segunda etapa juvenil**, entre 30 a 110 g de peso vivo, se alcanzaron los mayores niveles de crecimiento y la menor variabilidad con dietas del 36%, frente a niveles del 28 y 32%
5. El crecimiento de la *Cichlasoma festae*, en la etapa juvenil, se ajusta al modelo de von Bertalanffy $L_{(t)} = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$, mostrando un comportamiento alométrico negativo ($b < 3$), donde la longitud crece a mayor velocidad que el peso vivo.
6. Las reproductoras de mayor peso anticiparon y concentraron el desove, duplicaron la productividad numérica frente a las de menor peso. No obstante, la biomasa total (nº de alevines / g de reproductora) fue homogéneo en todos los casos.
7. La caracterización de *Cichlasoma festae*, el conocimiento de los factores de producción y la modelización del crecimiento favorecen la transferencia de tecnología en la cría y la propuesta de programas de desarrollo de especies nativas tropicales continentales.

CONCLUSSION

1. *Cichlasoma festae* (Old Red) showed a remarkable result in rearing and reproduction in confining semi-controlled conditions and different technologies. Breeding was successful when acceptable feeding conditions, water parameters within the recommended range, density (1:3) and a clutch-removal system every five days, were established.
2. The fry/fingerlings, between 20 and 70 days of age, achieved higher levels of growth and viability with diets of 50% protein compared to levels of 45 and 40% protein.
3. In the second juvenile stage, between 5 and 20 g of live weight, the increase of the density from 120 to 360 animals/m³ did not enable a significative modification of the final weight.
4. In the second juvenile stage, , between 30 and 110 g of live weight, the highest growth and the lowest variability were achieved with diets of 36% protein level.
5. The best fit for the growth of *Cichlasoma festae* was the model of Von Bertalanffy $L(t) = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$. The relationship between the length and weight showed a negative allometric growth ($b < 3$), where the rate of weight gain was less than the rate of increase of the length.
6. The larger breeders anticipated and concentrated spawning, doubling numerical productivity versus smaller ones. However, the total biomass were independent of the size of the breeders.
7. Finally, characterization of *Cichlasoma festae*, factors of production and modeling of growth, favour the creation of applied knowledge and the proposal of programs for the development of tropical native species.

V.-Resumen

Resumen

Ecuador se considera la capital pesquera del Pacífico tropical sur-oriental con más de 900 especies nativas. *Cichlasoma festae* representa una importante especie de agua dulce de gran uso local. Por lo tanto, en este estudio, nuestro objetivo fue caracterizar esta especie de peces durante su primera etapa de crecimiento (alevines y juveniles).

La investigación contempló diferentes experiencias; Un grupo orientadas a mejorar el conocimiento de las condiciones de cría y del hábitat de la Vieja Colorada para intentar posteriormente reproducir las condiciones en cautividad. Estas contemplan las condiciones de cría de alevines y animales juveniles en situaciones de confinamiento; la densidad de cría; la utilización de dietas y alimentación con concentrado y finalmente el manejo de los reproductores para la obtención de alevines. En estas experiencias se utilizan fundamentalmente sistemas de recambio de agua y también de recirculación con oxigenación.

En una segunda parte se determina la curva de crecimiento y la asociación entre las variables alométricas. Este estudio tuvo una duración de 25 semanas, Se midieron los parámetros biométricos individuales longitud total (L), ancho corporal (BW) y profundidad corporal (BD) de 90 juveniles de *C. festae*. El crecimiento se determinó utilizando modelos de regresión biológicos no lineales. La longitud media estándar varió entre 6.30 cm y 12.25 cm y el peso promedio *varió* entre 4.99 y 35.71 g. La relación longitud-peso se ajustó a la ecuación $\ln W = -3.92 + 2.96 \ln(L)$, y la especie presentó crecimiento alométrico negativo. Finalmente, el mejor ajuste para el crecimiento de *C. festae* fue el modelo de Von Bertalanffy donde $L_{\infty} = 19.758$ cm, $k = 0.028$ cm week⁻¹ and $t_0 = -14.463$ week⁻¹. Concluimos que el registro de crecimiento de la longitud podría estar asociado a la fotogrametría como una gran herramienta para el desarrollo de una producción pesquera sostenible y segura.

Este estudio constituye una valiosa contribución al conocimiento de los recursos nativos piscícolas tropicales continentales en Ecuador. Un avance en la caracterización productiva de la *Cichlasoma festae*, y un primer paso para su conservación y valoración, así como para la preparación de propuestas para el desarrollo rural sostenible y la formulación de planes para una gestión pesquera ambientalmente responsable.

SUMMARY

Ecuador is considered the fishing capital of the south-eastern tropical Pacific with more than 900 native species. *Cichlasoma festae* represents an important freshwater species of great local use. Thus, in this study our objective was characterize this species during first stage of growth (fry and juveniles).

The research contemplated different experiences, a group of these were oriented to improve the knowledge of the breeding conditions and the habitat of Vieja Colorada and later to reproduce the conditions in captivity. In addition, they contemplate the rearing conditions of fry and juvenile animals in situations of confinement; breeding stock; use of diets and feed with concentrate and finally the management of the breeders to obtain fry. In these experiments, water exchange and recirculation systems with oxygenation were used.

In a second step, the growth models were determined the growth model and relationship between allometric variables. The study lasted 25 weeks and the individual biometric parameters total length (L), body width (BW) and body depth (BD) of 90 juveniles of *Cichlasoma festae* were measured. Growth was determined using non-linear biological regression models. The average standard length varied between 6.30 cm and 12.25 cm and the average weight varied between 4.99 and 35.71 g. The length-weight relationship was best fit by the equation $\ln W = -3.92 + 2.96 \ln(L)$, and the species presented negative allometric growth. Finally, the best fit for the growth of *C. festae* was the Von Bertalanffy's model where $L_{\infty} = 19.758$ cm, $k = 0.028$ cm week⁻¹ and $t_0 = -14.463$ week⁻¹. We conclude that the record of length growth could be associated with photogrammetry as a tool for the development of a sustainable and safe fish production.

This study constitutes a valuable contribution to the knowledge of native tropical fish resources in Ecuador. The productive characterization of the *Cichlasoma festae* is a first step for its conservation and valuation, as well as for the preparation of proposals for sustainable rural development and the formulation of plans for an environmentally responsible fishing management.

VI.- Bibliografía

- Abbas K, Mohamed A, Jamilah B, Ebrahimian M. 2008. A review on correlations between fish freshness and pH during cold storage. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 4, 416-421.
- Abbink W, Garcia A, Roques J, Partridge G, Kloet K, Schneider O. 2012. The effect of temperature and pH on the growth and physiological response of juvenile yellowtail kingfish *Seriola lalandi* in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 330, 130-135.
- Abdel-Tawwab M, Wafeek M. 2014. Influence of water temperature and waterborne cadmium toxicity on growth performance and metallothionein–cadmium distribution in different organs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Thermal Biology*, 45, 157-162.
- Agbayani R, Baticados D, Quinitio E, Tormon-West D. 2013. Resiliency of small-holder to climate change and market prices in selected communities in the Philippines. In M. G. Bondad-Reantaso & R. P. Subasinghe (Eds.), *Enhancing the contribution of small-scale aquaculture to food security, poverty alleviation and socioeconomic development*. Rome: FAO. 171-179 pp.
- Aguilar A, Tresierra M, Culquichicón Z. 1993. *Biología pesquera*. Perú, Libertad.
- Aguilar F. 2010. Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. *Chitralada*) alimentadas con dietas peletizadas o extruidas. PhD Tesis, Universidad Nacional de Colombia. 135 pp.
- Ahmad M, Abdel-Tawwab M. 2011. The use of caraway seed meal as a feed additive in fish diets: Growth performance, feed utilization, and whole-body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture*, 314, 110-114.
- Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.
- Alava J, Lindop A, Jacquet J. 2015. Marine Fisheries Catch Reconstructions for Continental Ecuador: 1950-2010. Working Paper Series, Fisheries Centre, 34, 1-25.
- Albert G, Tacón J. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados Manual de capacitación. FAO. Brasilia. 318 pp.
- Alvarez-Mieles G, Irvine K, Griensven A, Arias-Hidalgo M, Torres A, Mynett A. 2013. Relationships between aquatic biotic communities and water quality in a tropical river–wetland system (Ecuador). *Environmental Science & Policy*, 34, 115-127.
- Amerine M, Pangborn R, Roessler E. 1965. Principles of sensory evaluation of food. Academic Press. New York. 602 pp.
- Anderson D, Burnham K. 2002. Avoiding pitfalls when using information-theoretic methods. *The Journal of Wildlife Management*, 912-918.
- Ando S, Hatano M, Zama K. 1986. Protein degradation and protease activity of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) muscle during spawning migration. *Fish physiology and biochemistry*, 1, 17-26.
- Ando, S. 1986. Stereochemical Investigation of Astaxanthin in the Ovaries of Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ, 37(4), 309-313.
- Anene A. 2005. Condition factor of four Cichlid species of a man-made lake in Imo State, Southeastern Nigeria. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 5, 43-47.

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washintong D.C. 376-384 pp.
- Aragón-Noriega E. 2016. Crecimiento individual de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) (Decapoda: Penaeidae) con un enfoque multi-modelo. *Latin american journal of aquatic research*, 44(3), 480-486.
- Arellano-Torres A, Montañó D, Galicia C. 2013. Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en un lago tropical de México. *Revista de Biología Tropical*, 61, 1301-1312.
- Austreng E, Refstie T. 1979. Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. *Aquaculture*, 18, 145-156.
- Avnimelech Y. 2006. Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquacultural engineering*.34:172-178
- Balbuena E. 2011. Manual básico de piscicultura para Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Paraguay. 52 pp.
- Baltazar M. 2009. Situación actual de la tilapia en el Perú. In: 2da Jornada de Actualización en Tilapia, Puerto Vallarta, México. 13 pp.
- Baltazar P. 2007. La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista Peruana de Biología*, 13, 267-273.
- Barbosa D. 1996. Níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal em dietas para o desenvolvimento de piapara (*Leporinus elongatus* Cuv & Val., 1864). Tese Doutorado Zootecnia. FCAV/UNESP. Jaboticabal, 64pp.
- Barnhill L, López E, Les A. 1973. Estudio sobre la biología de los peces del rio Vínces. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico, 3(1), 40.
- Barraza C, Guzmán G, Cantú D. 2009. Sistemas de roducción de acuicultura con ecirculación de agua para la Región Norte, Noreste y Noroeste de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. México, DF, 25, 117-128.
- Barreto R, Lessa R, Hazin F, Santana F. 2011. Age and growth of the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus* (Poey, 1860) off the Northeastern Brazilian Coast. *Fisheries Research*, 110, 170-176.
- Barriga R. 1991. Lista de Vertebrados del Ecuador. Peces de agua dulce, *Politécnica*, 26, 7-88.
- Barriga R. 2011. Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30, 83-119.
- Béjar L. 1983. Contribución al conocimiento de la biología de la mojarra criolla *Cichlasoma isthlanus* (Jordán and Snyder) de la presa zicuira, Michoacan. Trabajo de Grado, Escuela de Biología. Universidad Michoakana de San Nicolás de Hidalgo. México. 53pp.
- Bermúdez A, Muñoz-Ramírez A, Wills G. 2012. Evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis Niloticus*) cultivada en estanques de tierra. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 59, 165-175.
- Bernabe G. 1996. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Acribia, Madrid. 519pp.

- Bocek A. 2017. Produccion de larvas y alevines de *Oreochromis niloticus* en tanques. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University. USA. 9pp.
- Böhlke J. 1958. Studies on fishes of the family *characid*. A report on several extensive recent collections from Ecuador. Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 110, 1-121.
- Boulenger G. 1899. Viaggio del Dr. Enrico Festa Nell'Ecuador e regionivicine. Poissons de l'Equateur. (*Deuxieme Partie*). Bollettino Dei Musei Di Zoologia E Anatomia Comparata Della R Universita Di Torino, 14 (335), 1-8.
- Boyd C. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture: Farming Tilapia in Saline Waters. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. USA. 482pp.
- Boyd C. 1995. Bottom soils, sediment, and pond aquaculture. New York. Chapman & Hall.
- Boyd CE, Wood CW, Chaney PL, Queiroz, JF. 2010. Role of aquaculture pon sediments in sequestration of annual global carbon emissions. Environmental pollution. 158:2537-2540
- Braithwaite V, Boulcott P. 2007. Pain perception, aversión and Fear in Fish. Open Access, 75, 131-138.
- Brett J. 1979. Environmental factors and growth. En: Hoar, W.S., J. S. Rendall y J.R. Brett (eds.). Fish Physiology. Academic Press. New York. 8, 599-675pp.
- Buitrago E, Buitrago J, Freitas L, Lodeiros C. 2009. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. Zootecnia Trop, 27, 1-12.
- Burnham K, Anderson D. 2002. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to *a priori* using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9, 178-187.
- Buschmann A, Fortt A. 2005. Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo, 21, 58-64.
- Buschmann A. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo: un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Chile: Terram. 67pp.
- Canonico G, Arthington A, McCrary, J, Thieme M. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15, 463-483.
- Cantor A. 2007. Manual de producción de Tilapia. Secretaria de Dearrollo Rural del Estado de Puebla. Mexico. 135 pp.
- Carvalho A, Oliva A, Bergot P. 2003. A preliminary study on the molecular weight profile of soluble protein nitrogen in live food organisms for fish larvae. *Aquaculture*, 225, 445-449.
- Casas G. 2007. Caracterización del crecimiento y la composición corporal de cerdos en condiciones comerciales en el trópico alto colombiano. Tesis de Maestría en Salud y Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia.
- Castello O. 1993. Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Ciencias experimentales. Matematiques. Universitat de Barcelona. 739 pp.

- Castillo Gálvez. 1997. Introducción a los sistemas de producción de alevines de *oreochromis nilotic*. Un reporte de la Red Internacional de Acuicultura de la Universidad de Auburn. Alabama, 200 pp.
- Castillo L. 2006. Tilapia Roja 2006: una evolución de 25 años, de la incertidumbre al éxito. 124 pp.
- Castro-Mejía J, Espindola-Ronquillo Y, Castro-Mejía G, Cremiux-Grimaldi J. 2009. Efecto de dos dietas protéicas en el crecimiento y sobrevivencia de prejuveniles de *Atractosteus tropicus* Gill 1863 (Pejelagarto). *Biocyt*, 2, 77-88.
- Castro-Rivera R, Hernández-Girón J, Aguilar-Benítez G. 2004. Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis sp.*) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca, México. *Rev. Aqua*, 20, 38-43.
- Cerdá M. 2000. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Revista AquaTIC*, 9.
- Cerdá M. 2016. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. *Revista AquaTIC*, 9.
- Chaguay Y. 2004. Evaluación del crecimiento en etapa de precría de tilapia roja (*Oreochromis ssp*) utilizando cinco niveles de proteína en estanques abiertos. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral de Guayaquil. 134pp.
- Chavez-Lopez P. 2005. Ecology of the Mayan *Cichlid cichlasoma urophthalmus* Gunther, in the albarado lagoonal system. Veracruz. Mexico. *Gulf Caribbean Research*, 17, 123-131.
- Chavez-Sanchez C. 2000. Phosphorus and calcium requirements in the diet of the American cichlid *cichlasoma urophthamus* (Gunter). *Aquaculture nutrition*, 6, 1-9.
- Chicaiza D, Pacheco A. 2005. Reportes mensuales sobre los resultados biológicos pesqueros en el embalse de Chongon durante 2005. Instituto Nacional de Pesca. Ecuador.
- Chiu A, Li L, Guo S, Bai J, Fedor C, Naylor R. 2013. Feed and fishmeal use in the production of carp and tilapia in China. *Aquaculture*, 414, 127-134.
- Cho C, Cowey C, Watanabe T. 1985. *Finfish Nutrition in Asia Methodological Approach to Research and Development*. IDRC. Ottawa. 233-154 pp.
- Chou R, Lee H. 1997. Commercial marine fish farming in Singapore. *Aqua culture research*, 28, 767-776.
- Chukwuemeka V, Tsadu S, Ayanwale V, Erhabor O, Falusi F. 2014. Morphometrics of selected fish species from Tagwai Lake, Minna, Niger State, Nigeria. *Advances in Agriculture and Biology*, 2, 140-143.
- Clavijo L. 2011. Desarrollo de metodología para la determinación de la digestibilidad de materias primas no convencionales en cachama blanca *Piaractus brachypomus*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad Nacional de Colombia.
- Collazos-Lasso L, Aya-Baquero E, Arias-Castellanos J. 2016. Maduración gonadal de la cucha mariposa, *Glyptoperichthys gibbiceps* (Kner, 1854) (Pisces: Loricariidae), en el río Guaviare, Colombia. *Orinoquia*, 20, 15-22.
- Collazos-Lasso L, Gutiérrez-Espinosa M, Restrepo-Betancur L. 2014. Supervivencia de larvas de cachama blanca, *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818, sometidas a cambios experimentales de temperatura. *Orinoquia*, 18, 193-197.

- Cook J, McNiven M, Richardson G, Sutterlin A. 2000. Growth rate, body composition and feed digestibility/conversion of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 188, 15-32.
- Córdoba J. 2003. Evaluación técnica económica y ambiental de un cultivo de *Tilapia Roja* (*Oreochromis spp*) en jaulas flotantes en Colombia. Guayaquil. Ecuador.
- Costa-Pierce B, Hadikusumah H. 1995. Production management of double-net tilapia *Oreochromis spp.* Hatcheries in a eutrophic tropical reservoir. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26, 453-459.
- Crow R. 1987. *Cichlasoma (Amphilophus) festae* Boulenger 1899. British Cichlid Association Information Pamphlet, 85, 4.
- Dampin N, Tarnchalanukit W, Chunkao K, Maleewong M. 2012. Fish growth model for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in wastewater oxidation pond, Thailand. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 513-524.
- Dampin N, Tarnchalanukit W, Chunkao K, Maleewong M. 2012. Fish growth model for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in wastewater oxidation pond, Thailand. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 513-524.
- Dantas D, de Araújo A, Fernández de Oliveira J, Silva R, Costa J. 2016. Population structure and reproduction of a migratory fish *Leporinus piau* (Characiformes: Anostomidae) in a semiarid tropical reservoir, Brazil. *Biología Tropical*, 64, 1369-1381.
- Dávalos G. 2006. Evaluación de la sustitución parcial y total de harina de sardina con harina de cerdo en alimento para juveniles de la tilapia del Nilo (*oreochromis niloticus*): Efecto sobre la supervivencia, el crecimiento y la utilización del alimento. Universidad Autónoma de Tabasco. México.
- Davidson J, Bebak J, Mazik P. 2009. The effects of aquaculture production noise on the growth, condition factor, feed conversion, and survival of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 288, 337-343.
- De la higuera M. 1987. Requerimientos de proteínas y aminoácidos en peces. En: CAICYT. Nutrición en acuicultura II. Plan de formación de técnicos superiores en Acuicultura. Madrid. España. 318 pp.
- De La Lanza-Espino G, *et al.* 1991. La Acuicultura en palabras. AGT. Editor SA. Mexico DF. 160 pp.
- Delgadillo-Calvillo A, Martínez-Palacios C, Berruecos-Villalobos J, Ulloa-Arzivu R, López-Ordaz R, Vazquez-Pelaez C. 2012. Caracterización de la curva de crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostoma estor*, *C. promelas* y sus híbridos. *Veterinaria México*, 43, 113-121.
- Delwiche L, Slaughter S. 2002. The Little SAS Book. A primer, second ed. SAS Institute.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, González L, Tablada M, Robledo C. 2008. InfoStat. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Diouf J. 2009. How to feed the world in 2050 FAO's DirectorGeneral's Statements. 35pp.
- Dumas A, France J, Bureau D. 2010. Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going? *Aquaculture Research*, 41(2), 161-181. Hua et al., 2010).

- Dupree H, Huner J. 1984. Nutrition. Feeds and feeding practices. Third report to the fish farmers. Ed. Dupree y Huner. US fish and wildlife service. 141-157.
- Eigenmann C. 1922. The fishes of Western South America, part I. Mem. Carnegie mus, 9, 1346 pp.
- El-Asely A, Abbass A, Austin B. 2014. Honey bee pollen improves growth, immunity, and protection of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) against infection with *Aeromonas hydrophila*. Fish & shellfish immunology, 40, 500-506.
- Espinoza J, Labarta U. 1987. Nutrición en acuicultura. Plan de formación de Técnicos superiores en acuicultura. Graficas España. Madrid. 325 pp.
- Esteves F. 1988. Fundamentos de Limnología. Biblitoeca personal, Editora Interciencia/FINEP.
- F. 2006. Variaciones en la composición proteica del musculo de colossoman acropomun (*Characiformes: Characidae*), provenientes de criaderos durante su almacenamiento en frio. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 64pp.
- Fagbuaro O, Oso J, Olurotimi M, Akinyemi O. 2015. Morphometric and meristic characteristics of *Clarias gariepinus* from controlled and uncontrolled population from Southwestern Nigeria. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 2, 39-45.
- FAO 2008. Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en Latinoamérica y el Caribe: lecciones a partir de casos exitosos. Santiago: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación. Oficina Regional Para América Latina y el Caribe. Roma 91 pp.
- FAO 2009. The state of food and agriculture-livestock in the balance. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación FAO. Rome 25-27 pp.
- FAO 2011. Estado mundial de la agricultura y la alimentación 2010-2011. Las mujeres en la agricultura. Cerrar la brecha de género en aras del desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Rome 158 pp.
- FAO 2012. World Livestock 2011, Livestock in food security. Food and Agriculture Organization FAO. Rome 115 pp.
- FAO 2013. SAFA. Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems guidelines. Rome 267 pp.
- FAO 2014. World mapping of animal feeding systems in the dairy sector. Rome: Food and Agriculture Organization. Rome 160 pp.
- FAO. 1984. Animal genetic resource conservation by management, data banks and training. Rome. Italy. 44 pp.
- FAO. 1999. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. Documento técnico de pesca 348. H.H Huss (ed.). Roma. Italia. 220pp.
- FAO. 2000. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Dirección de información de la FAO. Roma. Italia. 215pp.
- FAO. 2005. Genetic Characterization of livestock populations and use in conservation decision making. Rome. Italy. 89-96 pp.
- FAO. 2010. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Roma. Italia. 204 pp.
- FAO. 2011. Desarrollo de la acuicultura. Orientaciones técnicas para la pesca responsable. Roma. Italia. 75 pp.

- FAO. 2012. El estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Roma, Italia. 231 pp.
- FAOSTAT 2013. FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>
- Fauconneau B, Toguyéni A, Fostier A, Le Bail P, Boujard T, Baroiller J. 1997. New insights on feeding and growth of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Fitzsimmons, K. (Ed.). Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, New York. 106, 151-168.
- Fernández J. 1983. Resultados preliminares de crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con piensos extrusionados de diferentes contenidos de proteína. En: IV Congreso Nacional de Acuicultura.
- Flores H, Rendíc J. 2011. Conducta alimenticia, supervivencia y crecimiento de juveniles silvestres de *Graus nigra* Philippi, 1887 en cautiverio (*Perciformes: Kyphosidae*). Latin American Journal of Aquatic Research, 39, 607-612.
- Flores H. 1995. Cultivo de salmones en Chile. En: Apuntes 2° curso Interamericano de cultivos de peces marinos. (Silva-Arancibia A. Ed.), 182-186 pp.
- Flores-Nava A, Brown A. 2010. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Serie Acuicultura en Latinoamérica. 200pp.
- Fowler H. 1943. Two new characins from eastern Ecuador notulaenaturae, 119, 5 pp.
- Fremont H. 1967. New mathematics and old dilemmas. The Mathematics Teacher, 60, 715-719.
- Froese R, Binohlan C. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. Journal of Fish Biology, 56, 758-773.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.
- García A, Carrasco H, Schofield C, Russell J, Frame I, Valente S, Miles M. 1998. Random Amplified Polymorphic DNA as a tool for taxonomic studies of triatomine Bug (*Hemiptera Reduviidae*). Journal of Medical Entomology.
- García A, Perea J, Mayoral A, Acero R, Martos J, Gómez G, Peña F. 2006. Laboratory rearing conditions for improved growth of juvenile *Helix aspersa* Müller snails. Laboratory animals, 40, 309-316.
- García A, Tume J, Juárez V. 2012. Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. Ciencia y Desarrollo, 15, 47-55.
- García V. 2000. Evaluación de la reproducción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques revestidos de plástico, concreto y de tierra. Zamorano. Honduras. 30 pp.
- García-Martínez A, Rivas-Rangel J, Rangel-Quintos J, Espinosa JA, Barba C, De Pablos-Heredero C. 2016. A Methodological Approach to Evaluate Livestock Innovations on Small-Scale Farms in Developing Countries. Future internet 8 In DOI: 10.3390/fi8020025
- García-Ulloa M. 2010. Acuicultura rural en la costa sur de Jalisco: caso de estudio. Avances en Investigación Agropecuaria, 14, 29-48.
- Garduño-Dionate M, Unzueta-Bustamante M, Hernández-Martínez M, Lorán-Núñez R, Martínez-Isunza F. 2010. Crecimiento de huachinangos juveniles silvestres (*Lutjanus*

- peru*) en un encierro de engorda en Puerto Vicente Guerrero. México. Ciencia Pesquera, 18, 93-96.
- Gisbert E. 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. *Journal of Fish Biology*, 54, 852-862.
- Glencross B, Booth M, Allangl A. 2007. A feed is only as good as its ingredients-a review of ingredient avaluation a trategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13, 17-34.
- Goldstein R. 1988. *Cichlids of the world*. T: F: H: Publications Inc. Neptune City. USA. 382pp.
- Gómez-Ponce M, Granados-Flores K, Padilla C, López-Hernández M, Núñez-Nogueira G. 2011. Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (*Perciformes: Cichlidae*) en la represa "Zimapán" Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical*, 59, 761-770.
- Gompertz B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new model of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 115, 515-585.
- González M, Angón E, Rodríguez J, Rene Lopez M, Moya A, Peña F, 2017. Calidad de la canal y la carne del Guachinche (*Hoplias microlepis*) criado de forma silvestre. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- González M, González R, Angon E, Rodríguez J, García A, Peña F. 2017. Caracterización nutricional de la carne de pescado. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- González M, Rodríguez J, Angón E, García A, Peña F, Moya A, Gallegos M. 2015. Características fisicoquímicas y rendimientos de la canal de vieja colorada (*Cichlasoma festae*) criada en dos sistemas de producción: silvestre y cautividad. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. 203-207.
- González M, Rodríguez J, Angón E, Martínez A, García A, Peña F. 2016. Characterization of morphological and meristic traits and their variations between two different populations (wild and cultured) of *Cichlasoma festae*, a species native to tropical Ecuadorian rivers. *Archives Animal Breeding*, 59, 435-444.
- González M, Rodríguez J, López M, Vergara G, García A. 2016. Estimación del rendimiento y valor nutricional de la Vieja Azul (*Andinoacara rivulatus*). *Revista de Investigación Talentos*, 3 (2) 36-42.
- González, M.A., Angón, E., Rodriguez, J., Moya, A., García, A. and Peña, F. (2017) Yield, flesh parameters, and proximate and fatty acid composition in muscle tissue of wild and cultured Vieja Colorada (*Cichlasoma festae*) in tropical Ecuadorian river. *Spanish Journal of Agricultural Research*. In press.(aceptado y edicion)
- Gracia-López V, Castello-Orvay F. 1996. Crecimiento del *mero epinephelusmarginatus* (=guaza) bajo distintas condiciones de cultivo. IX congreso latinoamericano de acuicultura, segundo simposio avances y perspectiva de la acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte. Coquimbo. Chile.
- Granado C. 1996. *Ecología de peces*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. 353 pp.

- Green B, Popma T. 1990. Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds. Alabama: International Center for Aquaculture.
- Green B, Teichert Coddington D, Hanson T. 1992. Desarrollo de tecnologías de acuicultura semi-intensiva en Honduras. Ed. por Centro Internacional para la Acuicultura y Medio Ambientes Acuáticos. Universidad de Auburn. Alabama. 45, 5-8.
- Guadamud T, Vera J. 2009. Crecimiento de juveniles del pez “chame” (*Dormitator latifrons* Richardson, 1844) alimentados con dietas de diferentes niveles de proteína. Trabajo de Grado. Universidad Técnica De Manabí.
- Guimarães I, Lim C, Yildirim-Aksoy M, Li M, Klesius P. 2014. Effects of dietary levels of vitamin A on growth, hematology, immune response, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to *Streptococcus iniae*. *Animal Feed Science and Technology*, 188, 126-136.
- Gunasekara R, Lam T. 1997. Influence of dietary protein level on ovarian recrudescence in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture*, 149, 57-69.
- Günther J, Galvez-Hidalgo N, Ulloa-Rojas J, Coppoolse J, Verreth J. 1992. The effect of feeding level on growth and survival of jaguar guapote (*Cichlasoma managuense*) larvae fed *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 107, 347-358.
- Haard N. 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food research international*, 25, 289-307.
- Hanley F. 1991. A guide to the farming of tilapia. Master blend feeds.
- Harrison I, Stiassny M. 1999. The quiet crisis. In *Extinctions in near time*. Springer US. 271-331 pp.
- Hassaan M, Soltan M, Ghonemy M. 2014. Effect of synbiotics between *Bacillus licheniformis* and yeast extract on growth, hematological and biochemical indices of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40, 199-208.
- Haz M, Arias H. 2009. Proyecto de producción y exportación del chame como nueva alternativa comercial del Ecuador. Escuela superior Politécnica del Litoral. 11pp.
- Hepher B. 1983. Nutrición de peces comerciales en estanques. Ed. Limusa. México. D.F.
- Herher B, Pruginin Y. 1989. Cultivo de peces comerciales. México D.F. LIMUSA. 316 pp.
- Hernández C, Aguirre A, López D. 2009. Sistemas de producción de Acuicultura con recirculación de agua para la Región Norte, Noreste y Noroeste de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 25, 117-128.
- Holdridge L. 1996. Ecología basada en Zonas de Vida. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 216 pp.
- Hopkins K. 1992. Reporting Fish growth: A review of the basis. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(3), 173-179.
- Huet M. 1973. Tratado de Piscicultura. Madrid. Mundi Prensa. 749 pp.
- Huidobro A, Mendes R, Nunes M. 2001. Slaughtering of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality. *European Food Research and Technology*, 213, 267-272.
- Hulata G. 1997. Large scale tilapia Alevines production in Israel. *The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh*, 49, 174-179.

- Humboldt F. 1821. Recherches sur les poisons fluviaux de l'Amérique équinoxiale (In: Humboldt and Bonpland, recueils d'observations de zoologie et d'anatomie comparée).
- Jara C, Carbonel A, Díaz A. 1998. Frecuencia de parasitación por helmintos en *Aequidens rivulatus* (Pisces) del río Chicama. La libertad. Trujillo. Peru. Revista Peruana de Biología, 18, 1-2.
- Jauncey K. 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Oreochromis mossambicus*). Aquaculture, 27, 43-54.
- Jiménez-Badillo L. 2006. Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico and reproductive behaviour. Revista de biología tropical, 54, 577-588.
- Jimenez-Prado P, Aguirre W, Laaz E, Navarrete R, Nugra F, Rebolledo E, Zárate E, Torres A, Valdiviezo J. 2015. Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE).
- Joblin M. 1993. Nutrition, diet formulation and feeding practices. In Heen K, Monahan R, Utter F. (Eds). Salmon aquaculture, 83-102.
- Johnsen C, Hagen Ø, Adler M, Jönsson E, Kling P, Bickerdike R, Solberg C, Thrandur B, Asgard E. 2011. Effects of feed, feeding regime and growth rate on flesh quality, connective tissue, and plasma hormones in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 318, 343-354.
- Johnsen C, Hagen Ø, Solberg C, Björnsson B, Jönsson E, Johansen S, Bendiksen E. 2013. Seasonal changes in muscle structure and flesh quality of 0+ and 1+ Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): impact of feeding regime and possible roles of ghrelin. Aquaculture Nutrition, 19, 15-34.
- Jones C. 2002. Age and growth, In Fuiman Lee A. & R.G. Werner (eds). Fishery Science. The unique contributions of early life stages. Blackwell Science. Oxford. Reino Unido. 33-63pp.
- Jover M, Martínez S, Tomas A, Pérez L. 2003. Propuesta metodológica para el diseño de instalaciones piscícolas. Revista AquaTIC, 19.
- Jover M, Zaragoza L, Fernandez J. 1983. Resultados preliminares de crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con piensos extrusionados de diferentes contenidos de proteína. Actas IV Congreso Nacional de Acuicultura. 155-160.
- Kanazawa A, Teshima S, Inamori S, Iwashita T, Nagao A, 1981. Effects of phospholipids on growth, survival rate, and incidence of malformation in the larval Ayu. Mem. Fac. Fish., Kagoshima University. 30, 301-309.
- Kanazawa A, Teshima S, Sakamoto M. 1985. Effects of dietary bonito-egg phospholipids and some phospholipids on growth and survival of the larval ayu. *Plecoglossus altivelis*. Z. Angew. Ichthyol, 4, 165-170.
- Kanazawa A. 1995. Nutrition of larval fish. In: Lim C, Sessa D. (Eds), Nutrition and Utilization Technology in Aquaculture. AOCS Press. Illinois. 50-59pp.
- Karachle P, Stergiou K. 2012. *Morphometrics and allometry in fishes* (1st ed.). INTECH Open Access Publisher.
- Katsanevakis S, Maravelias C. 2008. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to *a priori* using von Bertalanffy equation. *Fish and fisheries*, 9, 178-187.

- Katz Y, Abraham M, Eckstein B. 1976. Effects of adrenosterone on gonadal and body growth in *Tilapia nilotica* (*Teleostei, Cichlidae*). *General and comparative endocrinology*, 29, 414-418.
- Kubitza F. 2011. Cultivo de tilapias en sistema de bioflocos, sin renovación de agua. Panorama de acuicultura, mayo-junio 2011. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación Argentina.
- Kullander S. 1998. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (*Teleostei Perciformes*). In: Malabarba L, Reis R, Vari R, Lucena Z, Lucena C. (eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Edipucrs. Porto Alegre. 461-498 pp.
- Kullander S. 2003. Family Cichlidae. In: Reis, R. E., Kullander, S. O. & Ferraris, C. J. (Eds.), *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto: Edipucrs. 605-654pp.
- Ladino-Orjuela, G. 2010. Balance del carbono orgánico total en estanques de *Oreochromis* sp. Instituto de Acuicultura y Pesca de los Llanos. Villavicencio, Universidad de los Llanos. Magister: 70pp
- Ladino-Orjuela, G. 2011. Dinámica del carbono en estanques de peces. *Orinoquia* 15 (1): 48-61
- Lazo J, Davis D. 2000. Evaluation of feeds and feed ingredients. The University of Texas at Austin. Marine Science institute. Port Aransas. Texas. 32 pp.
- Leveque C, Oberdorff T, Paugy D. 2008. Global Diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Freshwater animal diversity assessment*. *Hydrobiologia* 595: 545-567.
- Li H, Brosworth G, Robinson H. 2000. Effect of dietary protein concentration on growth and processing yield of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31, 592-598.
- Lines J, Spence J. 2012. Safeguarding the welfare of farmed fish at harvest. *Fish physiology Biochemistry*, 38, 153-162.
- Loaiza I, Murillo E, Molina A. 2003. Plan de negocios: policultivo tilapia/camarón. Trabajo de fin de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 154pp.
- López C, Carvajal D, Aguirre M. 2007. Masculinización de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa metiltestosterona. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20, 318-326.
- López M, Intriago E, Rodríguez J, González M, Noles P, Loo E, Vergara G, Angón E, García A. 2017. Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del Chame (*Dormitator latifrons*) en estanques de geomembrana con suelo agrícola durante su fase juvenil. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- López M, Intriago E, Rodríguez J, González M, Noles P, Loo E, Vergara G, Angón E, García. 2017. Producción integrada del cultivo de Chame (*Dormitator latifrons*) en campos de arroz como herramienta de desarrollo rural sostenible del litoral ecuatoriano. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- López M, Rodríguez J, Intriago E, González M, Noles R, Peña, F Angón E, García A. 2017. Parámetros de la carne. Análisis proximal y sensorial del músculo del Chame (*Dormitator latifrons*). IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- Lovell R. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. New York. Van Nostrand Reinhold. 260.

- Luna-Figueroa J, Torres J. 2016. Reproducción y crecimiento en cautiverio de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae). Revista AquaTIC, 10.
- Luque S. 2007. Estudio de la diversidad hidrobiológica en tumbes. Perú: IMARPE. 36pp.
- Macintosh D, Little D. 1995. Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: N.R. Bromage and R.J. Roberts (Editors). Broodstock Management and Egg and Larval Quality. Blackwell Science, London. 277-320 pp.
- MAGRAMA. 2009. con la acuicultura alimentamos tu salud. XII Congreso nacional de acuicultura. Libro de resúmenes. 713 pp.
- Makrakis e Pavanelli C. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 53 pp.
- Mardones A, Augsburg A, Vega R, De Los Ríos P. 2014. Growth rates of *Haliotis rufescens* and *Haliotis discus hannai* in tank culture systems in southern Chile. Latin American Journal of Aquatic Research, 41, 959-967.
- Martinez A, Harfush M, Chavez C, Ross I. 1996. The optimum dietary protein level for the Mexican cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunter): a comparison of estimates derived from experiments using fixed-rate feeding and ad-libitum feeding. Aquaculture nutrition. 2, 11-20.
- Martínez C, Chávez M, Olvera C. 1989. La nutrición y alimentación en la acuicultura de América Latina, una diagnosis. Programa de cooperación gubernamental. Italia. 17. 184pp.
- Martinez C. 1988. Digestibility studies in juveniles of the Mexican cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). Aquaculture and Fisheries Management. 19, 347-354.
- Martínez M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua: BIDEAUSAID. 15pp.
- Martinez-Palacios C, Ross L, Rosado-Vallado M. 1990. The effects of salinity on the survival and growth of juvenile *Cichlasoma urophthalmus*. Aquaculture, 91, 65-75.
- Martínez-Palacios C, Ross L. 1986. The effects of temperature, body weight and hypoxia on the respiratory rate of the Mexican mojarra (*Cichlasoma urophthalmus*). Aquaculture and Fisheries Management. 17, 243-248.
- Martinez-Palacios C, Ross L. 1988. The feeding ecology of the central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). Journal of Fish Biology, 33, 665-670.
- Maynard L, Loosli J, Hintz H, Warner R. 1979. Animal Nutrition. 7th Edn. McGraw-Hill. New York. NY. 602 pp.
- McMahan C, Geheber A, Piller K. 2010. Molecular systematics of the enigmatic Middle American genus Vieja (*Teleostei: Cichlidae*). Molecular Phylogenetics and Evolution, 57, 1293-1300.
- Mejía J, Ronquillo Y, Mejía G, Grimaldi J. 2009. Efecto de dos dietas protéicas en el crecimiento y sobrevivencia de prejuveniles de *Atractosteus tropicus* Gill, 1863 (Pejelagarto). Biología, Ciencia y Tecnología, 2, 77-88.
- Mena H, López S, Maclas Z. 2002. Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) × *O. Niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio. Veterinaria. México, 33, 39-48.
- Mendoza D. 2013. Situación del extensionismo acuícola en el Perú. Lima: PRODUCE. 15pp.

- Mercado S. 1995. Cultivo en jaulas de tilapia roja *Oreochrom* en aguas salobres. En: Rodríguez H, Polo G, Mora O (Eds) Fundamentos de Acuicultura Marina. Bogotá. Colombia. 209-225 pp.
- Meyer D, Castillo C, Triminio S. 2006. Manual de Prácticas de Acuicultura. 3ª Edición. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 111 pp.
- Meyer D. 2008. Introducción a la Acuicultura. Zamorano. Honduras. Zamorano Academic Press. 159pp.
- Milatou N, Megalofonou P. 2014. Age structure and growth of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, L.) in the capture-based aquaculture in the Mediterranean Sea. Aquaculture, 424, 35-44.
- Miller R. 1966. Geographical distribution of Central American freshwater fisheries. Copeia. 4, 773-802.
- Montaño Armendariz M.A. 2014. Modelo de desarrollo económico local para la diversificación de la estructura. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Baja California. Programa de Doctorado en Ciencias Administrativas. México. 261pp.
- Montaño M, Sanfeliu T. 2008. Ecosistema Guayas (Ecuador), Medio ambiente y Sostenibilidad. Revista Tecnológica ESPOL, 21 (1). 5pp.
- Moya A, Gallegos M, Gómez J, Rodríguez J, Ledesma L, Rodríguez J, Angón E. 2014. Adaptación y curvas de crecimiento de la Vieja Azul (*Andinoacara rivulatus*) y Vieja Colorada (*cichlasoma festae*), cultivadas bajo condiciones controladas. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. ISBN: 978-9978-364-14-7. Pp 209-215 Bolivar. Ecuador.
- Moya A, Gallegos M, Gómez J, Rodríguez J, Ledesma L, Rodríguez J. M, Angón E. 2015. Adaptación y curvas de crecimiento de la vieja azul (*andinoacara rivulatus*) y vieja colorada (*cichlasomafestae*), cultivadas bajo condiciones controladas. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. 209-215.
- Moya A, Gómez J, Gallegos M, Rodríguez J, Ledesma L, Rodríguez J, Romero M, barba c, Noles P. 2015. Correlaciones de parámetros físicos y químicos del agua en especies nativas, vieja azul (*Andinoacara rivulatus*) y vieja Colorada (*Cichlasoma festae*), cultivadas bajo condiciones Controladas. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. 217-223.
- Murillo-Campuzano G, Garcia-Martínez A, Lara-Olalla M, Plaza-Ormaza L, Rodríguez-Angulo D. 2015. Gestión sistenable de Empresas Agroalimentarias. Factores clave de estrategia competitiva. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Ecuador. 441 pp.
- Murillo-Pacheco R, Cruz-Casallas N, Ramírez-Merlano J, Marciales-Caro L, Medina-Robles V, Cruz-Casallas P. 2012. Efecto del nivel de proteína sobre el crecimiento del yaque *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) bajo condiciones de cultivo. Orinoquia, 16(2), 52-61.
- Nakatani K, Agostinho A, Baumgartner G, Bialezki A, Sanches P, Makrakis M, Pavanelli C. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 53 pp.
- Nakatani K, Agostinho A, Baumgartner G, Bialezki A, Sanches P, New M. 1987. Feed and feeding of fish and shrimp. UNDP/FAO. 275pp.

- Nelson J. S. 2006. Fishes of the world. 4ta edición; John Wiley y Sons, Inc.; Alberta, Canada
- New M. 1997. Aquaculture and capture fisheries balancing the scales. World Aquaculture, 28, 11-13.
- New, M. 1987. Feed and feeding of fish and shrimp: A manual on the preparation and presentation of compound feeds for shrimp and fish in aquaculture. FAO. 275pp.
- Nicovita. 2010. Manual de alimentación de Tilapias. www.nicovita.com.pe.
- Noles P, René M, López V, Delgado C, Angón E, Moya A, Gallegos M, Rodríguez J. Aquaponic Program (farming of fish and vegetables) for Sustainable Development in Rural Communities of Change Function Matrix Production. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador. 93-94.
- Novo M. 2008. El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa, UNESCO - Pearson Educación S.A. Madrid, 2006, 431 pp
- Ocampo F. 2007. Cultivo de Tilapia, una alternativa de desarrollo socioeconómico. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola, 2. 129-131.
- Ocampo L, Botero M, Restrepo L. 2010. Evaluación del crecimiento de un cultivo de *Daphnia magna* alimentado con *Saccharomyces cerevisiae* y un enriquecimiento con avena soya. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 23, 78-85.
- Olafsdottir G, Martinsdóttir E, Oehlenschläger J, Dalgaard P, Jensen B, Undeland I, Mackie I, Henahan G, Nielsen J, Nilsen H. 1997. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. Trends in Food Science & Technology, 8, 258-265.
- Oliveira A. Cyrino J. 2004. Attractants in plant protein-based diets for the carnivorous large mouth bass *micropterus salmoides*. Science Agriculture, 61 (3), 326-331.
- Oni S, Olayemi J, Adegboye J. 1983. Comparative physiology of three ecologically distinct fresh water fishes, *Alestes nurse* Ruppell, *Synodontis schall* Bloch and *S. schneider* and *Tilapia zilli* Gervais. Journal Fish Biology, 22, 105-109.
- ONU 1987. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro futuro común o Informe Bruntland (4 de Agosto de 1987). Retrived on 9 March 2013, from <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>.
- Ortiz-Galindo J. 1991. Ontogenia inicial de la mojarra rayada. *Eugerresaxillaris* Gunther. 1864. Trabajo de fin de master, 36 pp.
- Orvay F. 1993. Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona. 739pp.
- Ovchynnyk M. 1971. Peces de agua dulce de Ecuador y Perspectivas para desarrollar sus cultivos. Atin American Studies Center. Michigan State University. East Lansing. Michigan, 68 pp.
- Pacheco-Murillo R, Cruz-Casallas N, Ramírez-Merlano J, Marciales-Caro L, Medina-Robles V, Cruz-Casallas P. 2012. Efecto del nivel de proteína sobre el crecimiento del yaque *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870) bajo condiciones de cultivo. Orinoquía, 16, 52-61.
- Padilla Alvarez F. 2009. Fundamentos de acuicultura. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cordoba. Cordoba, España. 186pp.

- Palacios C, Mendiola J, Barradas R, Córdoba P, Sánchez G. 2006. El cultivo de tilapia (*Oreochromis spp*) en la rentabilidad de seis agroecosistemas en el estado de Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*, 44, 169-179.
- Palacios S. 1995. *Estudio biológico pesquero de la Tilapia Oreochromis aureus en la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerrero, México*. Tesis Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Papoutsoglu S, Tiza G, Vrettos X, Athanasiou A. 1998. Effect of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulate system. *Aquacultural Engineering*. 18, 135-144.
- Parazo M. 1990. Effect of dietary protein and energy level on growth, protein utilization and carcass composition of rabbit fish, *Siganus guttatus*. *Aquaculture*, 86, 41-49.
- Pardo S, Suarez H, Soriano E. 2006. Tratamiento de efluentes: una vía para La acuicultura responsable. *Revista MVZ Córdoba*, 11, 20-29.
- Patel A, Yakupitiyage A. 2003. Mixed feeding schedules in semi-intensive pond culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L, is it necessary to have two diets of differing protein contents. *Aquaculture Research*, 34, 1343-1352.
- Pech D, Gonzalo S. 2013. Integrando el cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en jaulas a 30, 50 y 70/m³ con el pre engorde de alevines. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. Honduras. 19 pp.
- Perea J, Garcia A, Acero R, Valerio D, Gómez G. 2008. A photogrammetric methodology for size measurements: application to the study of weight–shell diameter relationship in juvenile *Cantareus aspersus* snails. *Journal of Molluscan Studies*, 74, 209-213.
- Pereira R, Valente L, Sousa-Pinto I, Rema P. 2012. Apparent nutrient digestibility of seaweeds by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Algal Research*, 1, 77-82.
- Pérez J, Muñoz C, Huaquín I, Nirchio M. 2004. Riesgos de la introducción de tilapias (*Oreochromis sp.*) (*Perciformes: Cichlidae*) en ecosistemas acuáticos de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 77, 195-199.
- Pérez M. 1987. Piscicultura en jaulas flotantes. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Secretaria General de Estructuras Agrarias. 27 pp.
- Pérez M. 1987. Piscicultura en jaulas flotantes. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Secretaria General de Estructuras Agrarias. 24pp.
- Phelps R, Popma T. 2000. Sex reversal of tilapia. Ed. for Tilapia Aquaculture in the Americas. Baton Rouge. Louisiana. United States. 34 pp.
- Phillips A, Sumerface C, Clayton A. 1998. Feeding frequency effects on water quality and growth of walleye fingerlings in intensive culture. *The Progressive Fish Culturist*. 60 (1), 1-8.
- Poleo G, Aranbarrio J, Mendoza L, Romero O. 2011. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 429-437.
- Poli B, Parisi G, Scappini F, Zampacavallo G. 2005. Fish welfare and quality as affected by preslaughter and slaughter management. *Aquaculture International*, 13, 29-49.
- Poot C, Novelo R, Hernández M. 2009. ABC en el cultivo integral de Tilapia. *Centro de Estudios Tecnológicos del Mar*, 2.

- Poot-López G, Gasca-Leyva E, Olvera-Novoa M. 2012. Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40, 835-846.
- Popma T, Green B. 1990. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. Research and Development Series. International Center for Aquaculture. Auburn University. Alabama. 15 pp.
- Prado M, Bucheli R. 2010. Composición, distribución y abundancia del plancton en sistemas fluviales de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Boletín Científico y Técnico*, 20, 1-52.
- Prado P. 2015. Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Ecuador, PUCESE. 415pp.
- Prieto C, Olivera M. 2010. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp*, Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15, 115-120,
- Productiva y la Articulación del Tejido Empresarial en Baja California Sur”
- Qiang J, Yang H, Wang H, Kpundeh M, Xu P. 2012. Growth and IGF-I response of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to changes in water temperature and dietary protein level. *Journal of Thermal Biology*, 37, 686-695.
- Quiceno-Cuartas P, Palacio-Baena J, Escobar-Cardona J, Werding B. 2014. Parámetros de crecimiento individual de *Petrolisthes caribensis* (Werding, 1983) y *Petrolisthes galathinus* (Bosc, 1902) (Decapoda: Porcellanidae) en el golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. *Actualidades Biológicas*, 36, 163-171.
- Rangel J, Rivas J, Torres J, Perea J, De Pablos-Heredero C, Barba C, García A 2016. Effect of flock size and ecological area in the technological level of dual-purpose cattle system from Ecuadorian tropics. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia* 26, 164-172.
- Rangel J, Torres Y, De Pablos-Heredero, Espinoza JA 2015. Identification of technological areas for dual purpose cattle in Mexico and Ecuador. Paper presented at the 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science EAAP, 31 August-4 September 2015, Warsaw, Poland.
- Rangel-Quintos J, Espinosa J, De Pablos-Heredero C, Angón E, Perea J, Rivas J, García A 2014. Indicadores de desarrollo humano en el sistema bovino de doble propósito en el trópico mexicano. *Revista Científica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, capítulos 7, 2. Quevedo 183-187 pp.
- Rege J. 1992. Background to ILCAS animal genetics resources Characterization Project objectives and agenda for the research planning workshop. En Rege J, Linner M. Eds. *Animal genetic resources: Their Characterization conservation. And utilization research planning workshop*. ILCA Addis Ababa Etiopia. Addis Ababa International Livestock Centre for Africa, 19 (21), 55-29.
- Rengifo B. 2007. Diversidad de peces en la cuenca del Alto Yuruá (Ucayali, Perú). *Revista Peruana de Biología*, 13, 195-202.
- Resley M, Webb K, Holt G. 2006. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 253, 398-407.
- Revelo W, Esteban E. 2004. Aspectos biológicos de los principales recursos de aguas continentales, durante febrero y marzo del 2004 en la provincia de los ríos. Instituto nacional de pesca. *Canadian Journal of Zoology*, 626, 1987-1995.

- Revelo W. 2010. Aspectos Biológicos y Pesqueros de los principales peces del Sistema Hídrico de la Provincia de Los Ríos, durante 2009. *Boletín Científico y Técnico*, 20, 53-84.
- Richards F. 1959. A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany*, 10(2), 290-301.
- Ricker W. 1975. A motion for the retirement of the von Bertalanffy function. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38, 1128-1140.
- Ridha M. 2000. Preliminary study on growth, feed conversion and production in non-improved and improved strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Kuwait Institute for Scientific Research, PO Box, 1638.
- Robaina L, Moyano F, Izquierdo M, Socorro J, Vergara J, Montero D. 1997. Corn gluten and meat and bone meals as protein source in diets for gilthead seabream (*Sparus auratus*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 157, 347-359.
- Rodríguez J, Angón E, González M, Perea J, Barba C, García A. 2017. Allometric relationship and growth models of juveniles of *Cichlasoma festae* (*Perciforme: Cichlidae*), a freshwater species native in Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 65(3).
- Rodríguez J, Moya A, Angón E, Torres Y, González M, Perea J, García A. 2014. Relación entre las medidas exterioristas del *Cichlasoma festae* en edad juvenil en condiciones experimentales semicontroladas. *Revista Científica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. 7(2). 214-216.
- Rodríguez J, Moya A, Gallegos M, Angón E, Gómez J, Rodríguez J, Ledesma L, López M. 2015. Caracterización de la curva de crecimiento de vieja colorada (*Cichlasoma festae*): implicaciones para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad. Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. 201-202.
- Rodríguez J, Moya A, Medina M, Gómez J, Perea P, Merizalde D, Rodríguez J, García A. 2014. Modelo de crecimiento del *Cichlasoma festae* en ríos ecuatorianos. Resultados preliminares. *Revista Ciencia y tecnología*, 7, 41-48.
- Rodríguez J, Priscila D, Moya A, Medina M, García A. 2014. Desarrollo de una metodología fotogramétrica para el estudio de la relación entre el peso y el diámetro de la Vieja colorada (*Cichlasoma festae*). Coeficientes de alometría. *Revista Científica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. 7(2). 11-64.
- Rodríguez J, Vivas R, González M, Moya A, Barrera A, González A, García A. 2014. Adaptación de juveniles de vieja colorada a la cría en condiciones experimentales controladas. *Revista Científica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 7(2), 35-40.
- Rodríguez J, Vivas R, Medina M, Gonzales M, Barrera A, García A. 2015. Parámetros ambientales para la reproducción natural de la vieja colorada *Cichlasoma festae* en confinamiento. XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Puerto Varas. Chile. 149 pp.
- Rodríguez J, Vivas R, Moya A, Gallegos M, Gómez J.C., Angón E, González, M, Barba C, García A. 2017. Utilización de la tecnología Biofloc (BF) en acuicultura tropical continental. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- Rodríguez J, Vivas R, Moya A, Gallegos M, Gómez, J.C., Angón E, González, M, Barba C, García A. 2017. Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del *Cichlasoma festae* en condiciones controladas de confinamiento durante su etapa juvenil. IV Congreso

Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

- Rodríguez J, Vivas R, Moya A, Gallegos M, Gómez, J.C., Angón E, González, M, Barba C, García A. 2017. Efecto de tres dietas en la fase inicial de alevinaje de *Cichlasoma festae* en condiciones controladas. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.
- Rodríguez-Domínguez G, Castillo-Vargasmachuca S, Ramírez-Pérez J, Pérez-González R, Aragón-Noriega E. 2014. Modelos múltiples para determinar el crecimiento de organismos juveniles de jaiba azul *Callinectes arcuatus* en cautiverio. Ciencia Pesquera, 22, 29-35.
- Rodríguez-Domínguez G, S Castillo-Vargas- Machuca, R Pérez-González y EA Aragón-Noriega. 2012. Estimation of the individual growth parameters of the brown crab *Callinectes bellicosus* (*Brachyura, Portunidae*) using a multimodel approach. Crustaceana 85(1): 55-69.
- Rodríguez-Domínguez, Castillo-Vargasmachuca S, Ramírez-Pérez J, Pérez-González R, Aragón-Noriega E. 2014. Modelos múltiples para determinar el crecimiento de organismos juveniles de jaiba azul *Callinectes arcuatus* en cautiverio. Ciencia Pesquera, 22(1), 29-35.
- Rojas-Runjaic B, Perdomo D, García D, González-Estopiñán M, Corredor Z, Moratinos P, Santos, O. 2011. Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad Chitralada producidas en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Trop, 29, 113-126.
- Rosati R, Foley P, O'Rourke P, Tudor K. 1997. Operation of a prototype commercial-scale hatchery system for *Oreochromis niloticus*. In: K. Fitzsimmons (Editor), Tilapia Aquaculture: Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca. NY. 319-329pp.
- Saavedra M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Managua. Nicaragua. 24pp.
- Saillant E, Fostier A, Haffray P, Menu B, Laureau S, Thimonier J, Chatain B. 2003. Effects of rearing density, size grading and parental factors on sex ratios of the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) in intensive aquaculture. Aquaculture, 221(1), 183-206.
- Saillant E, Fostierc A, Haffrayd P, Menua B, Laureaub S, Thimoniere J, Chatain B. 2003. Effects of rearing density, size grading and parental factors on sex ratios of the sea bass (*Dicentrarchuslabrax* L.) in intensive aquaculture. Aquaculture, 221, 183-206.
- Salvador M. 2002. Producción y manejo de alevinos de ciclidae. Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana, 101 pp.
- Santaella M, Martinez G, Periago M. 2007. Comparación entre ludubina (*Dicentrarchus Labrax*) salvaje y cultiva: composición química y variación del contenido en ácidos grasos tras el cocinado. Anales de Veterinaria de Murcia, 23, 105-119.
- Santos M, Gaspar M, Vasconcelos P, Monteiro C. 2002. Weight-length relationship for 50 selected fish species of the Algarve coast (Southern Portugal). Fisheries Research, 9, 289-295.
- Santos M, Gaspar M, Vasconcelos P, Monteiro C. 2002. Weight-length relationship for 50 selected fish species of the Algarve coast (Southern Portugal). Fisheries Research, 9, 289-295.
- SARP. 2008. Servicio Autónomo de los Recursos Pesqueros y Acuícolas. La acuicultura en Venezuela: una alternativa de desarrollo. Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría.

- Sauceda R. 2008. Modelo tecnológico para el cultivo de la tilapia (*Oreochromis SP*), en jaulas. Conapesca. México.
- Sawaya D, Arundel A, 2010. La evolución de la bioeconomía hasta 2030: diseño de una agenda política. Nota d'economía 97-98. 3, 11-32.
- Schlechtriem C, Bron J, Tocher D. 2007. Inter-individual variation in total fatty acid compositions of flesh of Atlantic salmon smolts-fed diets containing fish oil or vegetable oil. Aquaculture Research, 38, 1045-1055.
- Schrek B, Moyle B. 1990. Methods for fish biology. American fisheries society. Bethesda. Maryland. USA. 684 pp.
- Serrano J, Nematipour G, Gatlin D. 1992. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. Aquaculture, 101, 283-291.
- Shiau S, Huang S. 1989. Optimal dietary protein level for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*) XO. Aureus reared in seawater. Aquaculture, 81, 119-127.
- Shilo M, Sang S. 1989. Fish culturain warm water system problems and trends. CRC Press. Inc Boca Raton. Florida. 259 pp.
- Siddique M, Arshad A, Amin S. 2015. Length-weight and length-length relationships of two tropical fish *Secutor megalolepis* (Mochizuki & Hayashi, 1989) and *Rhabdamia gracilis* (Bleeker, 1856) from Sabah, Malaysia. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 574-575.
- Siddique M, Arshad A, Amin S. 2015. Length-weight and length-length relationships of two tropical fish *Secutor megalolepis* (Mochizuki & Hayashi, 1989) and *Rhabdamia gracilis* (Bleeker, 1856) from Sabah, Malaysia. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 574-575.
- Simeonidou S, Govaris A, Varelzis K. 1997. Quality assessment of seven Mediterranean fish species during storage on ice. Food Research International, 30, 479-484.
- Sirén A. 2011. *El consumo de pescado y fauna acuática silvestre en la Amazonía ecuatoriana* (1st ed.). Roma: FAO.
- Smith L, Chakrabarty P, Sparks J. 2008. Phylogeny, taxonomy, and evolution of Neotropical cichlids (*Teleostei: Cichlidae: Cichlinae*). Cladistics, 24, 625-641.
- SOFIA, 1996-2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/fishery/sofia/es>
- Solari F. 2006. Variaciones en la composición proteica del musculo de colossoman acropomun (*Characiformes: Characidae*), provenientes de criaderos durante su almacenamiento en frío. Tesis de Grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sparks J, Smith W. 2004. Filogenia y biogeografía decichlidfishes (*Teleostei: Perciformes: Cichlidae*). Cladistics. 501-517pp.
- Statistical Analysis System. (SAS®9.1).
- Steel R, Torrie J. 1997. Bioestadística: Principios y Procedimientos. McGraw Hill. México. 522 pp.
- Steffens E. 1989. Principales of fish nutrition. Halsted Press. U.S.A. 384 pp.
- Stickney R. 1979. Principles of warm water aquaculture. Ed. John Wiley y Sons. Wiley Interscience publication.

- Straus R, Bookste F. 1982. The truss: body form reconstruction in morphometrics. *Systematic Zoology*, 31(2), 113-1.
- Suarez H, de Francisco A, Beirao L, Block J, Saccol A, e Pardo S. 2002. Importancia de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. *Boletim do Instituto de Pesca*. 28 (1), 101-110.
- Suresh A. 2000. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. *Revista acuatic*, 10.
- Suresh A. 2016. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. *Revista Aquatic*, 10.
- Tacon A. 1988. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp-A training manual. 3. Feeding methods. *FAO Field Document*, 7.
- Tedeschi L. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agricultural systems*, 89(2), 225-247.
- Terlouw E, Arnould C, Auperin B, Berri C, Bihan E, Deiss V, Mounier L. 2008. Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: Current Status and Possible Future Research. *Animal*. 2 (10), 1510-1517. Doi: 10.1017/s175173110800027
- Thodesen J, Rye M, Wang Y, Yang K, Bentsen H, Gjedrem T. 2011. Genetic improvement of tilapias in China: genetic parameters and selection responses in growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. *Aquaculture*, 322, 51-64.
- Thongprajukaew K, Rodjaroen S, Tantikitti C, Kovitvadhi U. 2015. Physicochemical modifications of dietary palm kernel meal affect growth and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, 202, 90-99.
- Thongprajukaew K, Rodjaroen S, Yoonram K, Sornthong P, Hutch N, Tantikitti C, Kovitvadhi U. 2015. Effects of dietary modified palm kernel meal on growth, feed utilization, radical scavenging activity, carcass composition and muscle quality in sex reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 439, 45-52.
- Timmons M, Ebeling J, Wheaton F, Summerfelt S, Vinci B. 2002. *Sistemas de recirculación para la acuicultura*. Chile: Fundación Chile. 741pp.
- Toro-Mújica P, García A, Gómez- Castro AG, Acero R, Perea J, Rodríguez-Estevez V 2011. Sustentabilidad de agroecosistemas. *Archivos de Zootecnia* 60, 71-94.
- Toro-Mújica P, García A, Gómez- Castro AG, Perea J, Acero R, Rodríguez-Estevez 2010. Evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas. *Archivos de Zootecnia* 59, 15-39.
- Toro-Mújica P, García A, Gómez-Castro G, Perea J, Rodríguez-Estévez V, Angón E 2012. Organic dairy sheep farms in south-central Spain: Typologies according to livestock management and economic variables. *Small Ruminant Res* 104, 28-36.
- Toro-Mújica P. Análisis Técnico, económico y social del sistema ovino lechero ecológico en Castilla-La Mancha: eficiencia y sustentabilidad. Tesis doctoral Universidad de Córdoba, Córdoba 338 pp.
- Torres Y, García A, Rivas J, Perea J, Angón E, De Pablos-Heredero C 2015. Socioeconomic and Productive Characterization of Dual-Purpose Farms Oriented to Milk Production in a Tropical Region of Ecuador. The Case of the Province of Manabí. *Revista Científica-Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia*. 25, 330-337.
- Torres Y, Rivas J, De Pablos-Heredero C, Perea J, Toro-Mújica P, Angón E, García A 2014. Identificación e implementación de paquetes tecnológicos en ganadería vacuna de doble propósito. Caso Manabí-Ecuador. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5, 393-407.

- Tresierra A, Culquichicón Z. 1993. Biología Pesquera. 432pp.
- Trọng T, Mulder H, Van Arendonk J, Komen H. 2013. Heritability and genotype by environment interaction estimates for harvest weight, growth rate, and shape of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in river cage and VAC in Vietnam. *Aquaculture*, 384, 119-127.
- Tucker J. 1998. *Marine. Cultivar de peces* Kluwer Academic Publishers Norwel. Massachusetts. 70 pp.
- UNCDB, 1993. Convenio de las Naciones Unidas sobre diversidad biológica (Ley 165 de 1994). Consulta *on line* (17/01/2017). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1994-ley165-1994.pdf>
- Vega-Villasante F, del Carmen Cortés-Lara M, Zúñiga-Medina L, Jaime-Ceballos B, Galindo-López J, Basto-Rosales M, Nolasco-Soria, H. 2010. Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? *REDVET*, 3.
- Villarreal C, Gelabert R, Gaxiola G, Cuzon G, Amador L, Guevara E, Brito R. 2011. Crecimiento de alevines de *Cichlasoma urophthalmus* con dietas basadas en diferentes niveles de inclusión de proteína de soya y gluten de trigo. *Universidad y Ciencia*, 27, 53-62.
- Von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10, 181-213
- Voto J. 2002. Piscicultura Amazonica con especies nativas. Tratado de Cooperación Amazonica. Brasil: Secretaria Pro-tempore.
- Wagner M. 1870. Ueber die hydrographisch en Verhältnisse und das Vorkommen der Süßwasser fische in den Staaten Panama und Ecuador. Abhandl. K. Bayer. Akad. Wiss. München. Mathem Physical, 10, 63-113.
- Wang K, Takeuchi T, Watanabe T. 1985. Effect of dietary protein levels on growth of tilapia nilotica. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 51 (1), 133-140.
- Watanabe W, Clark J, Dunham J, Wicklund R, Olla B. 1990. Culture of Florida red tilapia in marine cages: the effects of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture*. 90, 123-134.
- Weatherley Gill. 1987. La biología del crecimiento de los peces. Academic Press Orlando. Florida. 443pp.
- Webb K, Hitzfelder G, Faulk C, Holt G. 2007. Growth of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 264, 223-227.
- Wells R, Kohin S, Teo S, Snodgrass O, Uosaki K. 2013. Age and growth, of North Pacific Albacore (*Thunnus alalunga*): implications for stock assessment. *Fisheries Research*, 147, 55-62.
- Wicki G. 1997. Estudio de desarrollo y producción de tilapia. Argentina. 1-10pp.
- Winsor C. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the national academy of sciences*, 18(1), 1-8.
- Woods L, Kerby J, Huish M. 1983. Estuarine cage culture of hybrid striped bass. *Journal of the World Mariculture Society*, 14, 595-612.

- Wootton R. 1991. Ecology of teleost fishes. Fish and fisheries. Series I. Chapman and hall, 2-6 bodary row. London. 404 pp.
- Yi Y, Lin K, Diana J. 1996. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages in ponds containing the cages. Aquaculture, 146, 205-215.
- Zaki M, Labib E, Nour A, Tonsy H, Mahmoud S. 2012. Effect some medicinal plants diets on mono sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), growth performance, feed utilization and physiological parameters. APCBEE Procedia, 4, 220-227.
- Zambrano M. 2011. Contribución al conocimiento de especies de peces de agua dulces autóctonas factibles de desarrollo en ambiente controlado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guayaquil. Ecuador. 100 pp.